مدخل إلى
التصوير الطيفي للكلام

تأليف

إرنست بولجرام

ترجمه وقدم له وعلق حواشيه

الدكتور سعد عبد العزيز مصلوح



٣٨ شارع عبد الخالق ثروت - القاهرة ت : ٣٩٢٦٤٠١

هذه ترجمة كاملة لكتاب

An Introduction to the Spectrography of Speech

by

Ernst Pulgram

University of Michigan

1959



نشر ★ توزيع ★ طباعة

الإدارة :

١٦ شارع جواد حسنى
تليفون : ٣٩٢٤٦٢٦
فاكس : ٣٩٣٩٠٢٧

المكتبة :

٣٨ ش عبد الخالق ثروت
تليفون : ٣٩٢٦٤٠١
ص.ب : ٦٦ محمد فريد
الرمز البريدى : ١١٥١٨

١٤٢٢ هـ - ٢٠٠٢ م

رقم الايداع: ٢٠٠١/١٣١٥٦
I.S.B.N:977-232-271-4



فاتحة كل خير

وتمام كل نعمة



فاتحة الكتاب

بحمد الله أستفتح، وبنور وجهه الكريم أستهدي، وبجلال عزته أعتصم،؛ فلا حولَ ولا قوة إلا به. وأصلّي وأسلّم على إنسان عين الوجود، وصاحب المقام المحمود، سيدنا محمدبن عبدالله صلاةً زاكيةً ناميةً مباركةً إلى يوم الدين، وعلى آله وعِتْرَتِه الطّيّبين، وأصحابه الغُرّ الميامين، وبعد؛

فربما يكون عجباً للقارئ أن أقول إن هذه الترجمة هي ثالثُ ترجماتي لهذا الكتاب، فلقد كانت أولى رياضاتي لهذا النصّ الشَّمُوسِ في عِشْرينيّات العُمْر، حين دفعه إليَّ شيخي الأستاذ الدكتور عبدالرحمن أيوب، جزاه الله عني الخير كلّه. وكنتُ انفلتّ من عِقال الأُطروحة الأولى لأستقبل من جديد عملاً ناصباً لإنجاز الأُطروحة الثانية. وكنت أَزْمَعْت أن أنتقل بعملي على أصوات العربية من طور الفحص المختبري للنطق والمخارج إلى مدارسة خصائصها من جهة الفيزياء والسماع. ولا من مُعِين يومها على هذه النّقلة التي كانت جديدة كُلّ الجِدَّة على الجامعة المصرية إلا ما يكون من مكابدة الدأب حتى يتسَهّل الوَعِر وتَطِيعَ العواصي.

وأذكر في هذا المقام مقالة شيخي في الكتاب؛ إذ رأى فيه مجازاً آمناً إلى هذا العلم الجديد. ولقد صابَرْتُ الكتاب حولاً كريتاً إلى أن نَجَزْتُ ترجمته الأولى سنة تسع وستين، بشِقِّ النفس ورَشْح الجبين. وكان على رأس ما لقيته من مشكلاته مغالبةُ المضمون، ورياضة العبارة عن دِقاق المسائل الرياضية والفيزيائية من غير سابقة تُذلّل الصعاب، كما قُدِّر لي في هذا العمر الباكر أن أخوض غمار المشكل المصطلحي غير مُعان، وقد استبهمتْ عليَّ دروبُه، وتشابَكَتْ ألفافُهُ بين العلوم الصوتية والفيزيائية وتقنيات التحليل الطّيفي؛ غير أني حَمِدتُ المغامرة بعد الجهد حين أشْرفتُ على الغاية، واستبانت لي

الصُّوَى والمعالم فإذا لَذّةُ التحصيل ترجح عناء المكابدة ولا عجب، فقد قالوا: «عند الصباح يَحْمَدُ القومُ السّرى»، وما أقومه وأصدقه من قيل.

ولقد صاحبني الكتاب وترجمته الأولى في رحلتي لطلب العلم، ولم أفتقد فيه المنفعة والمَدَد حين جلست في معهد بلدان آسيا وأفريقيا بجامعة موسكو إلى أستاذيّ العالمين الجليلين جراتشيا جابوتشان أستاذ اللسانيات العربية وميخائيل روميانتسيف أستاذ الصوتيات المختبرية، وكلاهما عَلَم في بابه، تخشع عنده الأصوات وتتطامَنُ الرؤوس ليستخرجا خبيئةَ فِقْهي بعلوم العربية وبما يصطنعه أولو العلم بالصوتيات من تقنيات حديثه في التسجيل والتحليل والتعليل. وأَزْعُمُ أن مواجهة مطلوب هذا العلم كفاحاً من غير أستاذ إلى مثل هذا الكتاب كان عَسِيّاً أن يستطيل معه الأَمَدُ ويستوحش الطريق.

ثم شاء الله أن أعود إلى الكتاب بترجمة ثانية أخرجتها للناس عام ثمانية وسبعين؛ يقودني وقتئذ أَمَلٌ في توطين هذا العلم، وفي كسب الأناصير للدرس الصوتي المختبري في جامعاتنا ومعاهدنا. غير أني وجدت الأمل لا يثبت على اجتياح الأعاصير، وإذا الدرسُ الصوتيّ بضاعة مزجاة سامها كُلّ مُفْلِس، وإذا أهلُ الدرس اللسانيّ قد قنِعوا منه بأيسر الزاد، مع حرصٍ بالغ من كثير منهم على ارتداء شارته، والتمسُّح به، والإدلال بالانتساب إليه زعماً ودعوى؛ بل إن القارئ لا يَعْدِم من بعضهم خوضاً في مسائله وتصنيفاً في مباحثه بما هو مَحْضُ الجهل بها.

ولطالما كان كارباً للنفس أن ينطلق الصوت بالنداء فلا يرجع إلاّ بالصدى؛ غير أني شفعت على نفسي بنفسي فكفكت من الأسى، وجنحت إلى التماس العُذْر؛ ذلك أن الدرس الصوتيّ صعبٌ مَرَامُه، باهظةٌ تكاليفُه، ولعل كل صفحة يصفحها القارئُ من هذا الكتاب - على وجازته وانحصاره في أوليات العلم - شاهدُ عدلٍ على صدق هذه القضية، لذلك كان سلوك الدرب المأنوسة عند أكثرِ هذا الناس هو الأَرْوَح والأَرْوَح، كما أنه الأعْوَد بعاجل

المنفعة على أولئك الذين يودّون أن غير ذات الشوكة تكون لهم؛ ولئن كانت هذه الوَدادة قد عرضت للجيل الأول من أهل الإيمان غداة «بَدْرٍ» فإننا بها في جيلنا هذا أَحَقّ، وهي بنا أولى.

ثم هأنذا أعود إلى الكتاب بترجمة ثالثة أردت لها أن تستوعب خالصةَ ما حَصَّلْتُ من تجربة، مستيقناً عائدة جدواه على شُعَبٍ كثيرة من العلم؛ فالكتاب يكاد يقف فاذّاً في بابه؛ لا في المكتبة العربية وحدها بل في المكتبة الغربية كذلك؛ إذ أخلصه صاحبه بجميع أقسامه وفصوله لتجلية أوليات الصوتيات الفيزيائية، والتعريف بالنظريات الصوتيمية المؤسسة عليها، وشرح أسس التصوير الطيفي للكلام، وهو أخطر تقنيات التحليل الصوتي في هذا العصر، وأجداها على مجالات العلم التطبيقي بما يتجاوز حدود الصوتيات اللسانية وأسوارها إلى دراسة تقنيات الأداء؛ إلقاءً وإنشاداً وغناءً، وبحوث الجريمة والبصمة الصوتية، وتقنيات الصوت في الحاسوب، وأقراص التسجيل وشرائطه، وتصنيع أجهزة الاتصال بأنواعها.

وقد ظل الكتاب على قِدَم العهد وفيّاً لما أُمْحِض له من غاية، ووافياً ببيان الأسس النظرية والمختبرية لهذه المجالات جميعاً، ولم يزحزحه من مكانه ومكانته ما حَقَّقَه المُنْجَزُ العلمي من تقدُّم على ترادُف السنين. بل إن أكثر مُنْجَزَات العلم كانت ولا تزال تصديقاً لما استشرفه من آفاق، وما وعاه من معارف منسوقةٍ دانية القطاف لمن صبر عليها، وأجاد التأتّي لها، والتعرّض لعوارفها.

ولعل في العودة إلى إخراج هذا الكتاب على هذه الصورة المباينة بالكلية لصورته الأولى من حيث التدقيق والتحقيق والتعليق إعلاناً عن أمل لا يزال يراوح القلب والعقل في جيل قادم من شباب الباحثين، يركب إلى غايته كل صعب وذلول، ويردّ على ثقافة هذه الأمة نوراً كاد أن يخبو، ونضارةً أوشكت أن تَغِيض، فإن الله لا يُخلي هذه الأمة من الخير إلى يوم الدين.

فلهذا الجيل القادم بظهر الغيب كان مثلُ هذا العمل. وعسى أن أكون قضيتُ به لطلاب العلم بعض الدَّيْن قبل أن يحين الحَيْن، وأن يكون لي منه دعوة صالحة تُسمع فتنفع، يوم تجد كل نفس ما عملت من خير مُحْضَرا، وما عملت من سوء تودُّ لو أن بينها وبينه أمداً بعيداً.

وأسأله سبحانه مصيراً إليه بما يرضيه، والحمد لله رب العالمين

سعد عبدالعزيز مصلوح

الكويت في السابع من شوال عام ١٤٢١ للهجرة
الأوّل من يناير عام ٢٠٠١ للميلاد

مقدمة المترجم

للطبعة الأولى

لاتزال المكتبة العربية في حاجة ماسة إلى الأعمال العلمية التي تقدم لقارئها أسس الدراسة الفيزيائية لأصوات اللغة، وتعرّفه بالأجهزة الحديثة التي يصطنعها العلماء لدراستها. ويأتي في مقدمة هذه الأجهزة جميعاً الراسم الطيفي للصوت «المطياف» *sound spectrograph* الذي كان له أكبر الفضل في تطوير الدراسة الصوتية، ووصلها بكثير من المجالات العلمية والتطبيقية؛ كهندسة الاتصال، وتخليق الكلام، وأمراض النطق والسمع وغيرها.

والكتاب الذي نقدمه مترجماً للقارئ العربي لايزال - على الرغم من تقادم العهد عليه - من خير الكتب في موضوعه، وأنسبها للمبتدئين في هذه الصناعة. وهو يمتاز في هذا المجال بطابعه التعليمي؛ إذ يبدأ بأوليات علم الصوت ومبادئه البسيطة، ثم يتدرج بالقارئ من السهل إلى الصعب، ومن البسيط إلى المعقد، ممهداً بذلك الطريق إلى فهم المطياف ووظائفه وكيفية قراءة ما يمدنا به هذا الجهاز من رسوم، حتى ينتهي بقارئه إلى فهم أمثل لمسائل فيزياء الصوت بإطلاق، وفيزياء الصوت اللغوي خاصة، ثم لمشكلات التحليل الطيفي للكلام على نحو أخصّ.

ولعل لخبرة كاتبه ارنست بولجرام في تدريس التحليل الطيفي بجامعات أمريكا وإيطاليا صلة بهذه الصبغة التعليمية التي تقوم على التدرج في إيراد المعلومات، وسهولة العرض، وضرب الأمثلة الموضحة، ودقة اختيار الرسوم والأشكال المعبرة عن الأفكار.

وقد كانت قراءتي الأولى للكتاب في صيف عام ١٩٦٨ وأنا أشرع في تسجيل أطروحتي للدكتوراه في دار العلوم، وكان موضوعها «التحليل الطيفي لنقط الالتقاء بين الصوامت والحركات في العربية المعاصرة». وأشهد أنه فتح أمامي كثيراً من المغاليق، واجتاز بي كثيراً من العقبات، وأجاب على عدد من الأسئلة التي ظلت أمداً طويلاً حائرة في رأسي بلا جواب.

وأذكر أني تمنيت أن يتاح لهذا الكتاب ترجمة إلى العربية ليفيد منه اللسانيون العرب، ولاسيما من تنظيمه البسيط والدقيق للحقائق النظرية والمختبرية في مجال الصوتيات الفيزيائية. ثم إني شغلت عن الكتاب بالرحلة في طلب العلم وإن ظل رفيقاً لي في السفر. وما إن أذن الله بالعودة حتى شرعت في ترجمته لأحقق بذلك أمنية طال انتظاري إياها، وأنا زعيمٌ بأن القراء واجدون فيه ما وجدت، ومفيدون منه كما أفدت.

ولعل من اللازم هنا أن استيقظ نظر القراء إلى قضية مذهبية برزت في هذا الكتاب، وحرص - إزاءها - مؤلفه على الإبانة عن انتمائه المدرسي حتى استفرغت منه جهداً ظاهراً. إن مهمة الكتاب هي معالجة حقائق فيزياء الصوت، وصوتيات الكلام، وما يقدمه المطياف من إمكانات للتحليل الصوتي. وكل أولئك مما ينهض على أساس من الحقائق الموضوعية التي يضيق مجال الخلاف فيها، بحيث يمكن استيفاء مناقشاتها من غير إثارة لوعثاء الخلاف بين الاتجاهات والمدارس اللسانية المختلفة. وعلى الرغم من ذلك نجد المؤلف طرفاً في الصراع الذي حمي وطيسه بين اتجاهين من اتجاهات التحليل اللساني؛ يرى أولهما أن قوانين الظاهرة اللسانية لا وجود باطناً لها في مادة اللغة، وإنما هي نتيجة لإعمال تصورات منهجية يصطنعها الباحث لتنظيم المادة اللغوية التي يعالجها. وأنصار هذا الاتجاه يرون في أنفسهم - كما يقول أوكونور (في كتابه Phonetics, P.211) - صُنَّاعاً للنظم والبُنى؛ يضمون مواد اللغة بعضها إلى بعض، ويعملون فيها بالتصنيف والتنظيم حتى يظفروا بتنظيم يرضي منطق التحليل الذي يؤمنون به.

أما أصحاب الاتجاه الآخر فيرون أن لهذه القوانين وجوداً باطناً في متن اللغة، وأن عمل الباحث ليس إكراه المادة اللغوية على الانقياد إلى تصوراته وإجراءاته المنهجية، ولكنه الكشف عن هذه القوانين من خلال دراسة هذه المادة. إنه في بحثه عن بنية اللغة ونظمها مستكشف يبحث عما هو موجود بالقوة، ولا يخترعه اختراعاً من عند نفسه.

ويتفرع من هذا الخلاف قضية أخرى حول مدى اعتداد الباحث بتحليل المتكلم السليقيّ وانطباعاته عن لغته القومية. إن السؤال الذي يرد هنا هو: ماذا إذا توصل باحث من أصحاب الاتجاه الأول إلى تنظيم لمادة اللغة يتسق مع تصوراته وإجراءاته المنهجية ولكنه يصطدم بإحساس المتكلم السليقي بهذه اللغة؟. إن مثل هذا الأمر لا يمثل مشكلاً ولا يشكل عقبة عند أصحاب الاتجاه الأول، على حين يتوقف أصحاب الاتجاه الثاني في قبوله والاعتداد به.

انحاز المؤلف إلى المعسكر الثاني وأسرف بعض الإسراف في إقحام هذه المسألة الخلافية لأدنى ملابسة، واستند إلى عرضه ومناقشاته لقضايا التحليل الطيفي ليؤيد من خلالها ما ذهب إليه، وهو إسراف ربما كان له في زمانه ضرورة ملجئة، وهو من ثم لا يخلو من قيمة تاريخية ليست له في هذا الزمان.

وانطلاقاً من هذه العقيدة العلمية حرص المؤلف دائماً على الربط بين **الجانب الصوتي** *phonetics* **والجانب الصوتولوجي** *phonology*، ولاسيما فيما يتصل بقراءة **الرسوم الطيفية** *spectrograms*؛ كما حرص على الاعتداد بالشبه الصوتي بين تحققات الصوتيم الواحد *phoneme* عند إجراء التحليل الصوتولوجي، ورفض – اتساقاً مع مذهبه اللساني الذي أبنّا عنه – أن تستقل المعايير التوزيعية الصِّرف وحدها بصياغة النظام الصوتي للغة، وأوجب أن يقوم تمييز الصوتيمات على الأساسين الصوتي والتوزيعي مجتمعيْن.

وبذلك يحدد المؤلف موقعه فيتخذ جانب مدرسة الفيزيائيين

Physicalists دون مدرسة التوزيعيين *Distributionalists* فيما يتصل بالتحليل الصوتولوجي.

وأياً ما كان الأمر فإن الكتاب - كما ذكرنا - يكتسب قيمة واضحة في تاريخ الصوتولوجيا بخوضه غمار هذا الجدل المنهجي، على حين يحتفظ بأهميته كاملة تقريباً فيما ألف من أجله، وهو أن يكون مدخلاً للتحليل الطيفي لأصوات الكلام.

أما خطتي في ترجمة الكتاب فيمكن إيجازها فيما يأتي:

أولاً: الترجمة الأمينة المبينة للنص، مع ما تفرضه من مواجهة مشكلة المصطلح العلمي، وهي من أشد مشكلات هذا النص إلحاحاً.

ثانياً: إضافة ملحق للترجمة يضم طائفة من التعليقات رأيتها لازمة لاستكمال الفائدة المرجوة في النص، ولسدٍّ الفجوة الفاصلة بين زمن صدور الكتاب في طبعته الأولى وظهور ترجمته العربية، ولشرح ما تضمنه الكتاب من مصطلحات ومفاهيم لم يجد المؤلف ضرورة لتفصيل القول فيها مع لزومها وأهميتها للقارئ العربي.

هذا، وإني لأرجو أن أكون بالجهد المبذول في ترجمة هذا النص، وتذليل مصاعبه، وإضاءة مفاهيمه قد وفقت إلى سِداد ثغرة ما في المكتبة اللسانية العربية.

ولله الحمد في الأولى والآخرة، ومنه العون وبه التوفيق.

سعد عبدالعزيز مصلوح

مقدمة المؤلف

غايتي من هذا الكتاب هي أن أحيط اللسانيين علماً بموضوع تتزايد أهميته باطراد بالنسبة لهم، وأعني به موضوع التحليل الطيفي. لقد أعددت هذا الكتاب ليسد فراغاً في المكتبة اللسانية؛ فهو في هذا المجال يعرِّف اللساني - الذي لا يقدر على متابعة المناقشات الفنية ومطالعة الكتب المتخصصة في **الفيزياء** *physics* **وفيزياء الصوت المسموع** *acoustics* - بالمبادئ التي تتضمنها طبيعة المطياف *spectrograph* وعمله.

غير أني آمل أن يكون هذا الكتاب مفيداً أيضاً لمن لهم اهتمام باللغة من المشتغلين بفيزياء الصوت ومهندسي أجهزة الاتصال. وفي هذا المجال يقدم الكتاب لهؤلاء ما هو ضروري من الأفكار والنظريات اللسانية لإيجاد تناسق وارتباط ذكي ودقيق بين فيزياء الصوت والتحليل الطيفي واللسانيات. ولهذا عنيت في كل ما اشتمل عليه كتابي من نقاط أن أكون لسانيّاً ومحللاً طيفيّاً ومشتغلاً بفيزياء الصوت في آن. وحرصت على ألا أعالج فيزياء الصوت دون أن أواصل الإشارة إلى اللسانيات، والعكس صحيح.

إنني لسانيٌّ ولست من علماء فيزياء الصوت، ومن ثم فإن مناقشتي لمسائل فيزياء الصوت في ذاتها تقوم على ما تعلمته وليست نتاج بحث أصيل. غير أنه من المفيد - فيما أظن - أن أقوم بجمع ما تعلمته، وأجعله متاحاً في صورة متماسكة لغيري من اللسانيين الذين قد تكون حالهم - من عدم الخبرة بهذا الموضوع واللهفة إلى معرفة المزيد عنه - على نحو ما كانت عليه حالي منذ سنوات خلت.

إنه لأملٌ لي وهدف أن يتجنبوا باستخدام هذا الكتاب الطريق الوعرة المضيعة للوقت؛ طريق البدايات الخادعة، والسبل الغالطة، والنتائج المبتسرة؛ تلك التي صارعتُ من أجل تذليلها.

وأود - ابتداءً - أن أعبر بالسرور والعرفان عن شكري للمساعدة التي تلقيتها من اثنين من الخبراء هما مارتن جوس Martin Joos وغوردون بيترسون Gordon E. Peterson. إن مارتن جوس هو الذي قدم لنا أول كتاب تقني أفادت منه الدراسات اللسانية في «الصوتيات الأكوستيكية»[1] *Acoustic Phonetics* (Language Monograph, No, 23, 1947) . وقد أخذتُ من كتابه كثيراً من المعلومات العامة، كما نقلت عنه بتصريح من: جوس، ومن محرر مجلة Language بعض الرسوم التوضيحية والقوائم التي استخدمتها فيما يأتي من صفحات هذا الكتاب. (نقلت الأشكال ١٦، ١٧، ١٨ عن جوس، وكذلك اقتبست القائمة ٢ من الكتاب نفسه).

أما غوردون بيترسون فقد كان من حسن حظي أن أحظى بزمالته في جامعة ميتشجن. لقد وجهني في رفق وصبر لا يكل، وشجعني، واستنقذني من المتاهات غير مرة. ودَعْك من إجابته على أسئلة معينة لي كان ينبغي - إذا تلطفنا في القول - أن تبدو ساذجة.

ولقد وضع بيترسون أيضاً تحت تصرفي إمكانات مختبره الرائع، كما أنه أنجز لي كثيراً من الرسوم التوضيحية (الأشكال ١٩، ٢٨، ٣١، ٣٢). وما كنت لأستطيع إنجاز كتابي لولا عملي إلى جانبه ومساعدته الدّءوب.

ومن بين العاملين بمختبر بيترسون كان وليام وانج William S.Y.Wang هو الذي منحني من وقته ساعات طوالاً للمناقشة، ونصح لي، وصحح لي كثيراً من النقاط، ولذلك أعبر له عن شكري خالصاً. ولقد أنجز لي كثيراً من الرسوم الطيفية (الأشكال ٢١، ٢٩، ٣٠). وإني لأعبّر عن عرفاني للدكتورة إلز

ليهست Ilse Lehiste التي شاء كرمها أن تقرأ مخطوطة هذا الكتاب، وتبدي عدداً من المقترحات والتصحيحات.

أما الشكل «٢٠» فقد أخذناه نقلاً عن رسم أنجزته مختبرات «بل» للهاتف Bell Telephone Laboratories.

ولا حاجة لي إلى أن أقرر أنه لا أحد ممن سبقت تسميتهم مسؤول -على أي نحو كان - عن الأخطاء أو المعلومات غير الدقيقة التي احتفظ بها الكتاب.

وإني لأعلم أن بعض التفصيلات قد تصبح قديمة في الفترة الواقعة ما بين الانتهاء من مخطوطة الكتاب ونشره، وذلك بفضل التقدم السريع في هذا الميدان. غير أني آمل ألا يؤثر ذلك على النقاط العامة الأساسية التي أود أن أقررها(٢).

ومن الممكن أن يقاس مدى ما أدين به للدارسين الآخرين بقائمة المراجع. وسيتمكن من له خبرة من القراء بهذا المجال من تحديد المصادر الأساسية التي اعتمدت عليها في يسر، على الرغم من أني أمسكت عن إثقال هذا المتن بالحواشي.

وأما من لا خبرة له منهم بهذا الميدان فأنا على ثقة من أنه سيولي وجهه شطر مزيد من القراءة للمصادر التي استخدمتها أنا شخصياً وذكرتها في قائمة المراجع، وحينئذ سيكتشف لنفسه لمن أنا مدين؟ وبأي شيء أدين؟

ولقد ضمّنت محاضراتي في الصوتيات على مدى عدة سنوات - وبطريقة ناجحة ومفيدة - عدداً متزايداً من الرسوم الطيفية، ووجدت - ولم يكن في ذلك مفاجأة لي - أن التعليم الواعي طريق ممتاز للتعلم. وكان من دواعي سروري أني قمت بتدريس مقرر دراسي بعنوان spettrografia del linguaggio في جامعة فلورنسا في عامي ١٩٥٦ - ١٩٥٧. وقد وجدت

- وأكرر أيضاً أن ذلك لم يكن مفاجأة لي - أن الانتقال من **شفرة لغوية** *linguistic code* إلى أخرى هو طريق إلى النقد الذاتي، وإلى ظهور آراء جديدة، وتحقيق المزيد من وضوح الرؤية. وآمل ألا يفتقد القارئ ما عسى أن تكون لهذه الخبرات التدريسية من فوائد في هذا المتن.

وعلى الرغم من أن الهدف الأساسي من هذا الكتاب هو عرض الحقائق العلمية الموضوعية - لم يكن في استطاعتي كما لم يكن من دواعي قلقي - أن أتكتم هذه الحقيقة الذاتية الخاصة؛ وهي أن لي آراء أومن بها؛ فأنا أنتمي في اللسانيات إلى **مدرسة الحق الإلهي** *God's Truth Linguistics*[٣] ولست من أنصار **مدرسة اللسانيات العبثية** *Hocus Pocus Linguistics*[٤]؛ ذلك أني أعتقد:

١ - أن اللسانيات ليست سلسلة مجردة من العمليات تنظم قدراً من المادة اللغوية ناسقة إياه في بنية ما، كما أن هذا الأمر ليس هو المهمة الأولى للسانيات.

٢ - أن المادة الصوتية ليست مقطوعة الصلة باكتشاف **البنية الصوتيمية** *phonemic structure*. ولا يمكن التضحية بالمادة الصوتية من أجل معايير توزيعية.

٣ - أن **التباينات الصوتيمية** *phonemic contrasts*[٥] يمكن التعبير عنها في صورة **أضداد ثنائية** *binary oppositions*[٦].

٤ - أن المعنى هو **خاصة قائمة في اللغة** *linguistic property*[٧] وليس من **الخواص المحمولة على اللغة بواسطة التحليل** *meta linguistic property*[٨].

إنني أومن بهذه الآراء بوصفها نتيجة لدارستي في التحليل الطيفي على الأقل. وهذا الكتاب ليس بريئاً من التحيز بالقدر الذي أرغب به في التحول بالآخرين إلى اعتناق مثل هذه الآراء، أو أقود المبتدئين إلى هذه الغاية.

«القسم الأول»

الفيزياء الأكوستيكية

الفصل الأول

ظاهرة الصوت، وأصوات الكلام(١)

إذا شددتَ وتراً من أوتار الكمان، أو أمررتَ من فوقه قوساً = وإذا طرقتَ شوكت رنانة أو طبلة = أو نفختَ في بوق أو فوهة زجاجة - فإنك حينئذ تُصدِر صوتاً وتسمعهُ. ومردُّ هذا الانطباع السمعي إلى اهتزاز الوتر أو السطح أو عمود الهواء. وهذا الاهتزاز هو حركة تنتقل آثار دفعها إلى الوسط المحيط الذي هو - عادة - الهواء.

والاهتزازات التي تصل عبر الهواء لا تعني أن الهواء يتحرك في مجموعة؛ **فالموجة الصوتية** *sound wave* ليست ريحاً، كما أن الريح ليست ضرورية لانتشارها. إن الجسم الذي هو مصدر الصوت حين يهتز لا يُحدث إلا دفعاً لجزيئات من الهواء الحامل للصوت؛ هي تلك الجزيئات الملامسة [مباشرة] لهذا الجسم المهتز. وحين يندفع كل جُزَيْئ منها بهذه الطريقة يضغط أمامه على الجزيئات المجاورة له [مباشرة]، صانعاً بذلك أمامه **ضغطاً** *compression* ومخلفاً وراءه **تخلخلاً** *rarefaction*.

وتواصل الجزيئات المجاورة ضغطها؛ فيتقدم الضغط في الاتجاه الذي يسير فيه الصوت. وسرعان ما تتجذب هذه الجزيئات من الخلف في اتجاه التخلخل الذي صنعته هي وراءها نتيجة لتحركها. غير أنها حين ترتد إلى الخلف تنحرف - بالفعل إلى حد ما - عن موضعها الأصلي بسبب **القصور الذاتي** *inertia*(٢). وإذا أتم الجسم الذي هو مصدر الصوت دورة أخرى من الاهتزاز تدافعت الجزيئات مرة أخرى في طريقها، وتكررت العملية كلها من جديد. ثم إن هذه العملية تستمر حتى يتوقف المصدر الأصلي للقوة - أي مصدر للصوت - عن الحركة حين تنفد طاقته أو تتوقف، وحينئذ يعود التوازن النسبي بعد تحركات وارتدادات بندولية أخرى(٣).

وحيثما تصطدم اهتزازات الهواء بعائق ما يتبدد بعض طاقتها، فإذا كان العائق صلباً غير قابل لأن تخترقه القوة التي تصطدم به فإنه قد يعكس تلقائياً ذبذبات الهواء متأثراً بها تأثراً ضعيفاً أو غير متاثر بها على الإطلاق. وأما إذا كان العائق طيعاً وقابلاً للتحرك في سهولة فإنه حينئذ يبدأ بدوره في الاهتزاز تحت الضغط. وأغشية أجهزة الهاتف ومكبرات الصوت هي عوائق من هذا النوع الذي يتقبل موجات الهواء. وتتم ترجمة الطاقة التي تطرق هذه الأغشية - أو تحويلها - إلى تيارات كهربية. ومن ثم يقوم المستقبِل مرة أخرى بترجمتها إليكترونياً إلى موجات صوتية؛ ثم تنتقل هذه الموجات إلى الأذن، لتطرق الغشاء الذي هو جزء من جهاز السمع الإنساني.

وهي تفعل ذلك - بطبيعة الحال - مثل أي اهتزازات أخرى تصدر عن مصادرها الأصلية دون أن تمر من خلال وسط يحولها تحويلاً إليكترونياً. وهكذا - ومن خلال طبلة الأذن ومنظومة معقدة حساسة من وسائل التوصيل تستقر وراءها في الأذن الوسطى - يجري تحويل الذبذبات إلى حركات عصبية تُحمل من فورها إلى المخ، ويدركها السامع في صورة صوت.

والواقع أن أي جزيئ من جزيئات الهواء حين يتحرك تبعاً لتحرك مصدر الصوت لا يقطع المسافة كلها من مكانه الأصلي حتى يصل إلى طبلة الأذن. وإذا صُغنا هذه الحقيقة في عبارة أخرى قلنا: إن الوسط الناقل لا يتحرك بطول المسافة مع ما نسميه الموجة الصوتية. ويمكن مقارنة هذه الظاهرة بتقدم الموجات في الماء. غير أن موجات الهواء لا تشبه موجات الماء تمام الشبه؛ فالأولى **موجات طولية** *longtitudinal*، والأخرى **موجات مستعرضة** *transversal* مثل موجات الضوء. وفي الموجة الطولية يكون اتساع الذبذبة *amplitude* موازياً لاتجاه حركة الموجة، أما في الموجة المستعرضة فيكون على هيئة زوايا قائمة(٤).

وعلى الرغم من أن الموجات في السوائل تعطي انطباعاً يخيل للناظر

أنها تسير في اتجاه ما - فالحق أنه لا وجود لأي تيار يرتبط بحركتها على وجه اللزوم. إنك إذا وضعْت قطعة من الإسفنج في وسط موجات تبدأ انتشارها من مركز واحد في حوض من المياه الهادئة فإن اهتزازها لن يكون إلا إلى أعلى وإلى أسفل. إنها تتحرك بالفعل حركة دائرية عمودية، ولكنها لن تسير سيراً محسوساً في اتجاه انتشار الموْجات (ولو تخيلنا قطعة من الإسفنج طافية في الهواء فإنها حين تأخذ في التحرك بسبب الموجة الصوتية - التي هي موجة طولية - لن تهتز إلى أعلى وإلى أسفل ولكن اهتزازها سيكون إلى الأمام وإلى الخلف في اتجاه انتشار الصوت. لذلك يقال إن التيارات والموجات يعمل كل منهما - في الأصل - مستقلاً بعضها عن بعض؛ مثل الريح والصوت.

وليس من الضروري أن يكون الجسم الذي هو مصدر الصوت آلة تصدر نغمة موسيقية ذات درجة قابلة للقياس *measurable pitch*(٥). إن أي شيء يمكن حمله على الاهتزاز بطَرْقِه أو بحكِّه أو بأي وسيلة أخرى حتى يبدأ في التحرك جزئياً أو كلياً - يمكن أن يكون مصدراً للصوت. وبعض الآلات التي تُقرع في الفرق الموسيقية قابلة للانضواء تحت هذا النوع؛ ذلك أنّ الغاية من استخدامها في الأساس هي أقرب إلى تنظيم الإيقاع منها إلى الإضافة للنغم، وتسمى مثل هذه الأصوات ضجة *noise*. وتمتاز الضجة من النغمة بعدم اشتمالها على درجة قابلة للقياس بالسلم الموسيقي *musical scale*، ولذلك لا تتمايز فيما بينها من الوجهة الموسيقية، بل إنها أحياناً تكون منفرة.

وليست كل الاهتزازات الحاصلة في الطبيعة قابلة قبولاً فعلياً لأن يدركها مخ الإنسان وأذنه؛ فربما تكون الخصائص الفيزيائية لهذه الاهتزازات سبباً في وقوع بعضها خارج حدود الإدراك البشري؛ سواءٌ من حيث العلو أو الدرجة.

إن ورقة واحدة من أوراق الشجر تسبب حين تتحرك اهتزازاً في الهواء بلا شك؛ ومن ثم فهي بحكم ماهيتها صوت. غير أن هذا الصوت ليس على

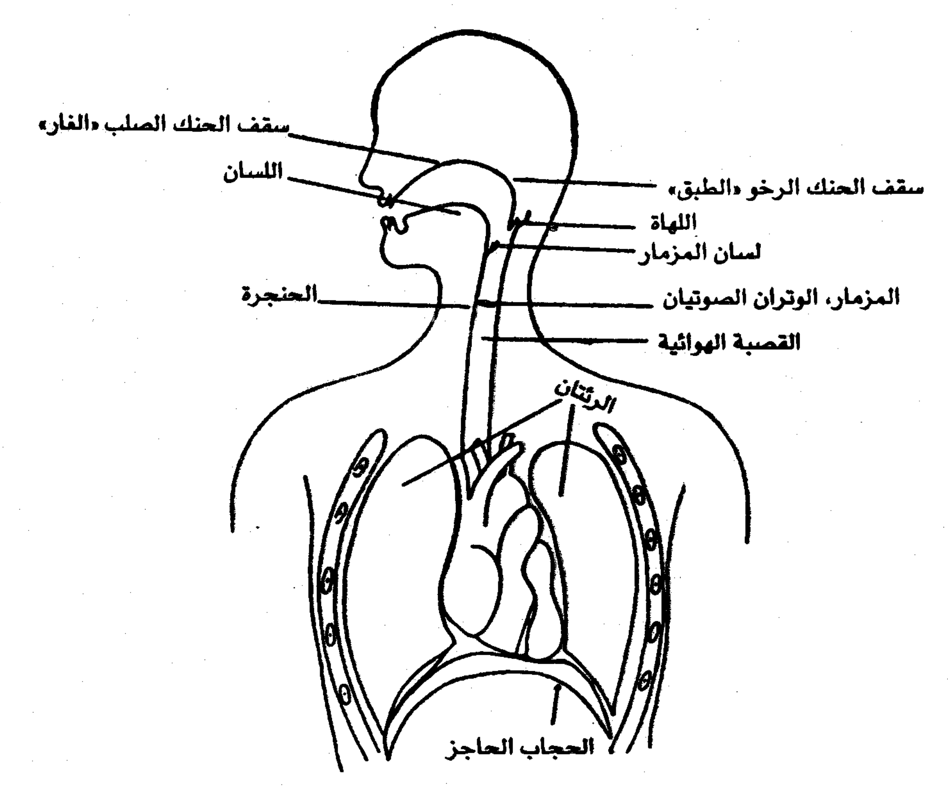
درجة كافية من العلو، كما أن تردده ليس مناسباً بحال لكي تدركه الأذن. كذلك لا يستطيع أحد أن يسمع صوت العشب وهو ينمو على الرغم من أن هذه الحركة تصدر لا محالة نوعاً من الضجة.

وربما كانت لأعضاء السمع عند غير البشر حدود مختلفة من حيث القدرة على إدراك الصوت؛ فبعض الحيوان معروف بأن له حسّاً سمعياً أفضل من الإنسان.

ويستطيع الكلب، من حيث درجة الصوت - أن يسمع «صفارة الكلاب» التي يطلقها سيده على حين تظل غير مسموعة من الناس بسبب درجتها العالية. ولكن إذا تذكرنا تنوع حدود السمع بين مختلف الأفراد والأعمار -فضلاً عن اختلافها بين الكائنات الأخرى من غير البشر - وجدنا أن تعريف الصوت بوصفه اهتزازاً أفضل من تعريفه تبعاً للإدراك.

وجهاز النطق عند الإنسان (شكل ١) آلة معقدة تنتج الأصوات بكلا نوعيها: النغمات والضجات. وسأصف باختصار أجزاء هذه الآلة ووظائفها.

الحجاب الحاجز *diaphragm*: نسيج عضلي لا يوجد إلا عند البشر وبعض الثدييّات، ويفصل **الصدر** *thorax* **عن البطن** *abdomen*، وتساعد حركته الإيقاعية إلى أسفل وإلى أعلى في جعل **الرئتين** *lungs* تتكمشان وتتمددان؛ أي أنهما يضخان ويسحبان تيار الهواء الذي يحتاجه الجسم للتنفس. وخلال الزفير (والشهيق نادراً) ينشأ عن الهواء المتحرك طاقة، وهذه الطاقة تدفع بعض الأجزاء القابلة للتحرك من جهاز النطق (أو أعضاء النطق) إلى الاهتزاز.



شكل ١. منظر تخطيطي عام لجهاز النطق

ومن أهم الأعضاء الوتران الصوتيان *vocal cords*؛ ويقعان فوق القصبة الهوائية *trachea* عند الحنجرة *larynx* (صندوق الصوت). وأفضل أن أسميها الشفتين الصوتيتين *vocal lips*؛ إذ إنهما ليسا وترين أو حبلين يمتدان كأوتار آلة الكمان، ولكنهما يشكلان فتحة تشبه فتحة الفم، وهي ما يسمى المزمار *glottis*. ويمكن للمزمار أن ينفتح أو ينغلق بحسب الاختيار، كما يمكن للشفتين الصوتيتين أن ترتخيا أو تتوترا، وأن تنغلقا أو تنفتحا، بحسب الاختيار كما تفعل شفتا الفم. ولذلك يمكن للشفتين الصوتيتين أن يشرعا في الاهتزازات بسبب الهواء المنطلق، أو تتركا في حالة ارتخاء وسكون دون أن تعترضا مجرى الهواء.

وعندما تهتز الشفتان الصوتيتان تسهمان إسهاماً فعالاً في النطق **بالصوائت** *vowels* **والصوامت المجهورة** *voiced consonants* (**الناعمة** *soft*) مثل الباء والدال والزاي والميم والنون وصوامت أخرى غير ذلك. أما عند النطق **بالصوامت المهموسة** *voiceless consonants* - كالتاء والفاء والكاف والسين - فإنهما لا تهتزان.

وتشتمل بعض اللغات (كاليابانية - مثلاً) على **صوائت مهموسة أو موشوشة** *whispered*. وينطوي هذا الأمر - إذا ما طبقنا ما ذكرناه الآن من تعريف للصوائت - على تناقض في المصطلح. غير أن في إمكاننا أن نسمي هذه الأصوات صوائت بمصطلح الدراسة الصوتيمية على الأقل؛ لأنها تقوم بالوظيفة التركيبية التي تقوم بها الصوائت المجهورة. ونحن نواجه هنا أحد المواقف المؤسفة التي تكون فيها مصطلحات **الدراسة الصوتية** *Phonetics* **والدراسة الصوتيمية** *phonemics* على طرفي نقيض؛ ذلك أن تصنيف الظاهرة في الأولى يتم على أساس الخصائص الفيزيائية (نطقياً وأكوستيكياً...إلخ)، على حين يتم في الثانية على أساس وظيفتها في النظام[٦].

والكلام الموشوش *whispered speech* أيضاً يتم دون أن تنشط الشفتان الصوتيتان. وفي هذه الحالة نجد أن عملية تَعَرُّف السامع إلى ما يمكن أن يكون تقابلاً دالاً في أصوات الكلام بين المجهور والمهموس في الإنجليزية (وفي لغات أخرى كثيرة) تحتاج إلى ما يكملها، ويتم تكميلها بمجموعة من الخصائص المميزة المصاحبة. وعلى ذلك يُهمَل وجه التمايز الأساسي والتقليدي في بعض الظروف غير العادية ليحل محلّه خاصية ثانوية. ويعني هذا ضمناً أن ألوان التمايز بين الأصوات لا بد أن تزيد، وسيأتي ذِكْر كثير من هذه الألوان[٧]. كما يعني ذلك أيضاً أن هذه الألوان هي **انحرافات** مسموح بها **عن المعيار** *deviations*، يتعرّفها السامع ويمنحها قبولاً، ويتكيف معها تلقائياً.

وينبغي أن نميز بين هذا النوع من الوشوشة وما يسمى بالوشوشة المسرحية *stage whisper*؛ فهذا النوع الأخير ليس وشوشة حقيقية البتة، وإنما هو كلام عادي يمتاز بضعف العلو وزيادة النَّفَس، وهذا يعني أن كمية الهواء المستخدم في النطق أثناء الوشوشة المسرحية أكبر من الكمية المعتادة؛ فما يُضفي على الأصوات صفة الوشوشة الزائفة أو نوعاً من النَّفَسية *aspiration* يستدعى إلى الذهن الوشوشة الحقيقية(٨).

ويسهم اللسان والأسنان والشفتان وسقف الحنك والفك السفلي في تعديل النغمة الناتجة عن اهتزاز الشفتين الصوتيتين، كما أن هذه الأعضاء نفسها تُصدر - عند انعدام هذه النغمة - ألواناً من الضجيج، يجري تصنيفها وتمييزها على أنها أصوات كلام غير مجهورة.

والإنسان قادر على صنع الكثير من الأصوات المتنوعة؛ وذلك لأن معظم أعضاء النطق، لاسيما اللسان (الذي هو من أوفر الأعضاء العضلية في الجسم حظاً من الحركة والخفة) - تستطيع أن تتحرك بطرق كثيرة عن طريق النشاط العضلي الإرادي. والإنسان يستطيع أن يغيّر - حسبما يريد - الحجم والشكل النسبيين للتجاويف الواقعة فوق الحنجرة (وهي تجويف الفم *oral cavity* والتجويف الأنفمي *oral - nasal cavity*. أما تجويف الأنف *nasal cavity* فهو غير قابل بمفرده للتعديل من حيث الحجم والشكل، وذلك لأنه لا يحتوي على أي أعضاء قابلة للحركة الإرادية، وليس كذلك تجويف الفم. ويتم تغيير التجاويف بتعديل المواقع النسبية لأعضاء النطق). إن الإنسان يملك أن ينشط هذه الأعضاء على الأقل من حيث علاقة كل منهما بالآخر، أو أن يدعها في وضع الراحة فرادى أو مجتمعات. ويمكن لجهاز النطق البشري - بتعديلات ضئيلة في أوضاع أعضاء النطق - أن يصدر أنواعاً متمايزة من الأصوات. وستتضح أسباب ذلك فيما بعد. ولذلك يعد هذا الجهاز آلة دقيقة قابلة لإصدار تنويعات لا تقع تحت حصر من ألوان النغم والضجيج المتمايزة.

ومن بين هذه الإمكانات العريضة المتاحة من ألوان النطق تستخدم كل لغة عدداً محدوداً من الفئات المنطوقة تتدرج عدتها تقريباً من أربع وعشرين فئة إلى اثنتين وسبعين. وتسمى كل فئة من هذه الفئات صوتيما *phoneme*، وترد في اللغة متنوعة من حيث توزيعها؛ أي أنها تتبع قواعد مختلفة من حيث التوليفات المسموح بها، والمواقع الممكنة بالنسبة لمواضع الوقف. إننا نجد في الإنجليزية - مثلاً - الصوت / θ / (٩) الذي هو في الهجاء th ولا نجده في الألمانية، ونجد في الألمانية الصوت / x / (١٠) ولا نجده في الإنجليزية. وفي الأسبانية خمسة صوائت فحسب، أما الإنجليزية ففيها تسعة صوائت (أو عشرة أو أحد عشر على خلاف في الرأي). والنطق في الألمانية يمكن أن يبدأ في موقع ما بعد السكتة - أي في بداية الكلمة - بالأصوات الثلاثة الآتية: / Pfl / كما في Pflaume «برقوق أو خوخ» على حين أن الأمر في الإنجليزية ليس كذلك. ويمكن للنطق في الألمانية أن ينتهي في موقع ما قبل السكتة - أي في نهاية الكلمة - بالأصوات / rbst / كما في harbst «الخريف»، وليس كذلك الأمر في الإيطالية. ويقع الصوت / ŋ / (١١) في الإنجليزية وسطاً ونهاية كما في singing ولكنه لا يقع في البداية. أما في الفرنسية فلا يرد البتة. ويقع الصوت / ɲ / (١٢) في الفرنسية وسطاً ونهاية، ولا يقع في البداية كما في campagne على حين لا يقع صوتيماً في الإنجليزية (وإن كان يقع فيها تنويعاً صوتياً allophone للصوتيم / n / (١٣) كما في onion).

ويكتسب كل متكلم المادة الساذجة الخاصة بالصوتيمات في لغته القومية بالإضافة إلى القواعد التي تحكم توزيعها منذ الطفولة من طريق التقليد والمحاولة والخطأ. ويطور الطفل في هذا المجال من مجالات نشاطه العقلي وعياً بالنشاط العضلي المصاحب لحركة أعضاء النطق؛ أي نوعاً من الاستبطان يؤدي إلى التحكم الذاتي في الجهد العضلي؛ ولذلك يتعلم تلقائياً

كيفية إصدار أصوات تنتمي في الغالب إلى الصوتيمات الصحيحة. ويصير هذا الأمر جزءاً راسخاً من السلوك الثقافي اللساني عند الإنسان؛ حتى إن ذلك لَيُغري من لا خبرة له بالأمر بأن يرجعه إلى الميراث البيولوجي للإنسان، لاسيما أن مصطلح «اللغة السليقية» *native language* يقوي تصور اللغة على أنها شيء يولد مع الفرد.

وربما يقود مثل هذا الرأي إلى الاعتقاد بأن الناطق بالإنجليزية بوصفها لغته القومية، وهو منحدر - على سبيل المثال - من أسلاف فرنسيين - يرث ميلاً إلى تعلم الفرنسية أكبر من ميله إلى الإيطالية أو الأسبانية، أو أنه يتعلم الفرنسية بأسرع وأيسر مما يتعلمها شخص ينتمي إلى سلالة مختلفة.

إن مثل هذا الدارس ربما لا يكون لديه ميل طبيعي أكبر لهذه اللغة، ولكن الذي لديه هو استحسان سابق للفرنسية. وإذا كان ذلك كذلك كان لهذا الاستحسان جذوره من إيثار ثقافة علي ثقافة، أو جذورُه من التقاليد أو العاطفة الأسرية، وليس من الميراث البيولوجي. إن اللغة وصوتيماتها وأجزاءها التركيبية الأخرى ليست موروثة بيولوجياً بأكثر من عادات المرء المتصلة باللباس والطعام.. وهي - على العكس من ذلك - خصائص ثقافية تكتسب من الظروف المحيطة؛ ولذلك فهي تختلف كأساليب المأكل والملبس من مجتمع إلى مجتمع؛ ومن ثقافة إلى ثقافة، ومن عصر إلى عصر.. وإن كان التماثل في الثقافة لا ينشأ عنه تماثل في اللغة كما أن اختلاف الثقافة لا ينتج اختلافاً في اللغة.

لكنّ القدرة على الكلام - بقطع النظر عن اللغة - هي على أي حال «قومية» بالفعل بصيرورتها جزءاً فطرياً من الميراث الحقيقي للإنسان.

إن الإنسان هو الحيوان المتكلم الوحيد، وهو وحده الذي لديه تكوين ملائم من حيث المخ والأعصاب يسمح له بهذا السلوك البشري المتميز. وقد

اكتسب الإنسان هذا الجهاز بواسطة تحولات في التطور لا ندري بها ولا بكيفيتها؛ فالحيوان ربما يقيم تواصلاً فيما بين أفراده، ولكنه لايتكلم، ولا يكتسب، ولا يختزن لينقل المعرفة بطريق اللغة؛ كما أن الحيوان لا يستطيع أن يصوغ قضايا سلبية كأن يقول: هذا الشيء ليس كذا، أو أن يكذب. وربما يقوم ميل الإنسان الخاص إلى اللغة بدور ما، بالإضافة إلى قدرته على استخدام أدوات ما وراء الجسد (الروحانيات) *extra corporeal tools*؛ غير أن أصول الكلام وظروف اللغة الإنسانية الأولى لاتزال سراً غير قابل للكشف.

وجدير بالملاحظة أن الإنسان لم ينشئ منظومة جديرة من الصفات الجسمية تمكنه من التكلم. إن كل أجزاء جهازه النطقي ليست إلا أجزاء مكيفة للقيام بهذه المهمة الخاصة، وإن كانت مصممة في الأصل لتقوم بوظائف حيوية أولية بيولوجية، فسيولوجية.

ومن الواضح أن الحجاب الحاجز والرئتين والقصبة الهوائية هي أعضاء لازمة للتنفس، ولإمداد الجسم بالأكسجين الذي يغذي الدورة الدموية = وأن الشفتين الصوتيتين وغضاريف الحنجرة التي تحميها (وأكبرها تفاحة آدم)، ولسان المزمار (وهو غضروف على هيئة لبّاسة الحذاء - يبرز فوق القصبة الهوائية عند قاعدة اللسان)؛ كل أولئك يحمي الشُّعب والرئتين من تطفل أي جسم غريب = وأن الفم بما فيه من اللسان والأسنان والفكين والشفتين يعمل على الإمساك بالطعام والاحتفاظ به وقضمه. وواضح أيضاً أن اللسان هو بؤرة الإحساس بالتذوق، وأن الوظيفة الأولى للأنف هي ترشيح الهواء وتدفئته وترطيبه قبل دخوله إلى الرئتين، وحمل الروائح إلى مراكز الشم. وكذلك الأذن التي لا تستخدم في الكلام بل في سماعه فقط تشارك كذلك في الإحساس بالتوازن.

والذين يستخدمون منظومة واحدة من الصوتيمات تخضع لقواعد توزيعية

واحدة، بالإضافة إلى استخدامهم منظومات أخرى على المستويات المختلفة: الصيغ والتراكيب والوحدات المعجمية - هؤلاء يقال عنهم إنهم يتكلمون لهجة أو لغة واحدة، وينتمون إلى جماعة لغوية واحدة.

وتشتمل القائمة «١» على صوتيمات اللغة الإنجليزية الأمريكية تبعاً لطريقة النطق ولمخارج النطق [١٤]. وليس كل اللسانيين على اتفاق بشأن البنية الصوتيمية للإنجليزية الأمريكية، هذا إذا سلمنا بوجود لغة إنجليزية أمريكية واحدة. ولكن الدخول في هذا الجدل لا يتفق مع ما أهدف إليه هنا. ولست أريد أن أولي اهتماماً مركزاً للجدل الدائر الآن[١٥] بين مدرستين من المدارس اللسانية، يمكن أن نطلق على إحداهما مدرسة الطبيعيين *Physicalists*، وعلى الأخرى مدرسة التوزيعيين أو العلائقيين *Distribution-alists or Relationalists* - لكني ألاحظ أن المظاهر الفيزيائية هي من صميم التحليل اللساني، لاسيما على المستوى الصوتيمي؛ ذلك أن اللغة تتضمن مادة فيزيائية يمكن أن تلاحظ وتقاس طبقاً لتركيبها الفيزيائي، وعلى عالم اللسانيات عند حصوله على المادة الفيزيائية أن يصنفها، ولا مفر له في هذه المرحلة من أن يوطن نفسه على أن هذه المادة ظاهرة ثقافية، بالإضافة إلى كونها ظاهرة أكوستيكية؛ أي أن لها صلة بفيزياء الصوت. أما الإهمال التام للجانب الفيزيائي فيبدو - على أقل تقدير - نوعاً من الخَرق. لذلك سألتزم في تضاعيف هذا الكتاب بهذا الموقف، وهو موقف تبنيته - جزئياً على الأقل - نتيجة لما تعلمته من نظر إلى اللغة بمنظور التصوير الطيفي. وفَحْوى هذا الموقف هو أنه لا يمكن لأيٍّ من المدرستين: المدرسة الفيزيائية الصِّرف ومدرسة العلاقات التي تخالفها أن تقدم لنا إجابات عن جميع الأسئلة التي نحتاج إلى معرفتها عن اللغة. وأحرى بنا أن نعالج المظاهر الفيزيائية والثقافية للغة في ارتباط بعضها ببعض.

القائمة «١»

صوتيمات اللغة الإنجليزية الأمريكية

	انفجاري		انطلاقي				
			احتكاكي		أنفي	مائع	حفيفي
	مجهور	مهموس	مجهور	مهموس	مجهور	مجهور	مهموس
شفوي	b	p	w		m		
شفوي أسناني			v	f			
أسناني	d	t	z	s	n	l, r	
لثوي			ʒ	ʃ			
مما بين الأسنان			ð	θ			
غاري طبقي	g	k	j		ŋ		h
حنجري							

أمثلة:

*b*ane	*p*ane	*w*ane		*m*ane		
		*v*ane	*f*ame			
*D*ane	*t*ame	*z*any	*s*ame	*n*ame	*l*ane, *r*ain	
		a*z*ure	*sh*ame			
		*th*an	*th*in	ba*ng*		
*g*ain	*c*ane	*y*am				*h*ang

ضيق   عال   خلفي   مركزي   أمامي

i I e ɛ æ   (غير مدور)

^ a   o ɔ

u U   وسطي

مدور

واسع   سفلي

أمثلة:

b*ea*t, b*i*t, b*a*te, b*e*t, b*a*t

b*u*d, f*a*ther

b*oo*t, B*u*ddha, b*oa*t, b*ough*t

وتوضيحاً لما سبق بالمثال أسوق ما يأتي:

يقرر أحد المذاهب الأساسية في النظرية الصوتيمية بالنسبة للكلمة الإنجليزية / lull / أن الصوت [*l*] في بداية الكلمة، والصوت [*ł*] [أي اللام المفخمة] هما صوتان مختلفان من الوجهة الصوتية، ولكنهما ينبغي أن يصنفا على أنهما بديلان موقعيان *positional variants*؛ أي اثنان من الألوفونات *allophones* لصوتيم واحد هو [*l*]، وإلا يصنفا على أنهما صوتيمان مستقلان. وعلة ذلك أن أحد الصوتين يرد في أحد المواقع على نحو يمكن التنبؤ به، على حين يرد الصوت الثاني في موقع آخر، ولكن أياً منهما لا يرد في كلا الموقعين. هكذا يكون القول في الصوتيم [*l*] - إذا قيدناه بالأغراض الصوتية (الفوناتيكية) تبعاً للموقع - قولاً واضحاً وعارياً من اللبس. إننا نقول إن الأصوات التي ترد في توزيع تكاملي *Complementary distribution*(١٦) هي تحققات صوتية مختلفة لصوتيم واحد وليست صوتيمات مستقلة. يضاف إلى ذلك أمر آخر - له الأهمية العظمى من وجهة نظري - هو أنك إذا سألت المتكلم السليقي بهذه اللغة: هل تبدأ الكلمة lull وتنتهي بصوت واحد فإنه سيؤكد بلا خلاف أنها كذلك. أما السبب الأخير فهو أن الصويتن [*l*] و [*ł*] متشابهان من الوجهة الفوناتيكية.

أما إذا امتد معيار التوزيع التكاملي إلى الصوتين [h] و [*ł*] ليعلن أنهما عضوان ينتميان إلى صوتيم واحد، على أساس أن [h] لا تقع في نهاية كلمة إطلاقاً وأن [*ł*] تقع في النهاية دائماً - فإن ذلك سيكون أمراً صعباً من جهة رد الفعل لدى المتكلم السليقي، فهو لن يسلم على الإطلاق بأن كلمة [hell] تبدأ وتنتهي بصوت واحد، حيث إن القول بذلك يتطلب وجوب تحقق الشبه الصوتي. وصحيح أن التشابه أمر نسبي، فإلى أي مدى يمكن أن يكون لدينا صوتان متمايزان بالمعيار الفوناتيكي ومع ذلك نظل نعاملهما على أنهما صوتان متشابهان؟ إن مشكلة الصوتين [h] و [*ł*] حلها ميسور؛ ذلك الصوت [*ł*]

وكل الأصوات التي لها شبه بالصوت [*l*] تنتمي بالدليل الصوتي للصوتيم /*l*/ بقطع النظر عن العلاقة التوزيعية بينها وبين الصوت [h]. ولا أعرف مشتغلاً بالصوتيات - مهما تكن درجة انحيازه إلى مذهب التوزيعيين - يصنف هذا الوضع تصنيفاً مخالفاً، متجاهلاً بذلك - في ثقة - الاعتداد بالشبه الصوتي. ولا أدري ما كان سيفعله مثل هذا المحلّل لو أن [*ƚ*] كان هو التحقق الصوتي الوحيد للصوتيم /*l*/، فربما أمكنه - حينئذ - أن يدرج الصوتين [*l*] و [h] بالفعل تحت صوتيم واحد.

أما أنا شخصياً فلن أقدم على هذه الفعلة للأسباب التي فرغت لتوي من ذكرها، وأيضاً لأن التحليل الطيفي سيمدنا - كما سنرى - بأسباب إضافية لاستخدام كل من معايير التوزيع والدراسة الصوتية في تحليل الأصوات وتصنيفها تصنيفاً صوتيمياً.

إننا إذا عددنا الدراسة الصوتيمية نظاماً من أنظمة الحسابات الدفترية يقصر اهتمامه في الواقع على قضايا التوزيع - حينئذ يكون من الطبيعي أن تنتفي الأسباب المانعة لعزو الصوتين [*l*] و [h] إلى صوتيم واحد. غير أني أوثر - كما ذكرت في تقديمي لهذا الكتاب - أن يستخدم التحليل الصوتيمي بوصفه عمليةَ فحص للمادة المتاحة تستهدف الكشف عن البنية المستترة *underlying structure*[١٧]، وليس بوصفه عملية تُقَسر فيها كتلة من المواد على الاندراج تحت بنية ما، ولذلك أعد المحتوى الفيزيائي لكل وحدة أمراً من صميم كينونتها. إن المسألة الجوهرية هنا ليست البحث عن جواب للسؤال: هل الصوتان [h] و [*ƚ*] ينتميان لصوتيم واحد أم أنهما صوتيمان مختلفان؟. ولكن المسألة الجوهرية هي أن نحدد مفهوم الصوتيم ومفهوم الدراسة الصوتيمية، وأن نقرر: هل يتضمن هذا التحديد معياراً يَعْتَدُّ برد الفعل لدى المتكلم السليقي باللغة وبالشبه الصوتي بين الأصوات أم لا. إنني وكثيرون

غيري نؤثر الاحتمال الأخير. وستحاول المناقشة التي أسوقها عن التصوير الطيفي أن تقدم المزيد من الأدلة التي تسوّغ هذا الإيثار، أو أن نورد في التعليل له أسباباً أخر.

وعلى المرء ألا ينسى أن أصوات الكلام - من الناحية الفيزيائية - هي نغمات *tones* وضجات *noises* كغيرها من النغمات والضجات التي تحدث في الطبيعة. وتمتاز هذه الأصوات من سائر الأصوات المحيطة بنا بعاملين:

أولهما: أنها تصدر عن جهاز النطق البشري. وصحيح أن ثمة طرقاً لإنتاج أصوات لغوية مخلّقة (صناعية) *synthetic speech sounds*(١٨)، لكنها على الرغم من هذا تقليد للأصوات الطبيعية، وتتفاضل فيما بينها بمدى دقة اقترابها من تلك الأصوات الطبيعية.

وثانيهما: أنها أصوات تم انتقاؤها من بين مجموع الأصوات، ثم ارتقت بخصوصيتها إلى موقعها ووظيفتها اللغوية المعينة.

ويرجع هذا الانتقاء إلى اتفاق ثقافي، أو إلى عقد غير مكتوب بين أعضاء الجماعة اللغوية يتفقون فيه على استخدام عدد بعينه وأنماط بعينها من بين أنواع الأصوات الممكنة لتكون صوتيمات للغتهم. وهكذا يكون في حوزة جميع أعضاء الجماعة اللغوية عدد قليل سهل الاستعمال من قواعد السلوك الأكوستيكي لها صفة الإلزام العام فيما يتعلق باللغة. وطبقاً لهذه القواعد السلوكية التي يكتسبها الأطفال أثناء نموهم عن طريق تقليد ما يسمعون نراهم يتعلمون هذه اللعبة الممتازة؛ وهي أن يستخدموا وجوههم في صنع ألوان من الضجيج. ويمكن لكل أعضاء الجماعة اللغوية - إذا ما كانوا ذوي مواهب طبيعية من حيث الجسم والعقل - أن يبلغوا مثل هذه المقدرة والمهارة في هذا النشاط البالغ التعقيد حتى يصير الكلام أداة بارعة وناجحة للتواصل والتعاون. وبما أن أصوات الكلام لا تختلف أساساً عن غيرها من الأصوات - كان ثمة مسوغ لا يقبل الجدل لأن تفحص بالطريقة التي يفحص بها غيرها

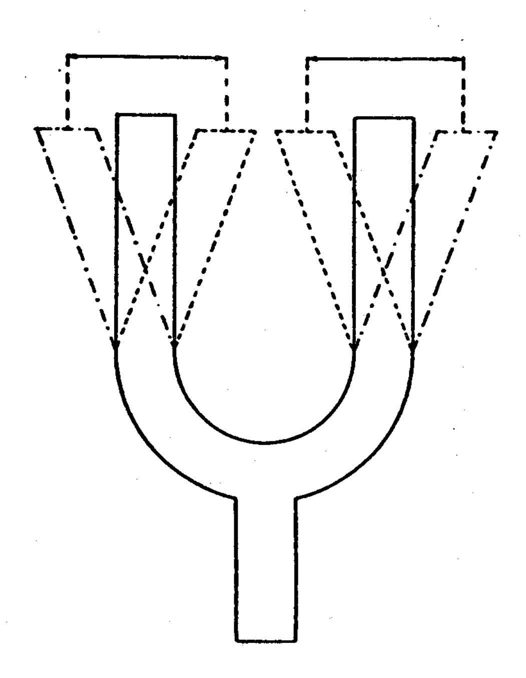
من الأصوات التي يدركها سمع الإنسان. بيد أن أصوات الكلام هي في الوقت نفسه أجزاء جوهرية من اللغة، التي هي بنية محكمة من أنماط السلوك الثقافي - لذلك كان من الممكن، بل من الواجب، أن تفحص أيضاً بالمنظور الثقافي في العلوم السلوكية. ولأنني لسانيٌّ ولست من علماء فيزياء الصوت ولأن اهتمامي واهتمام قرائي - فيما أفترض - هو باللغة أساساً وليس بفيزياء الصوت - لذلك ستكون المظاهر اللسانية هي البارزة في التحليل الأكوستيكي وفي تصوير الكلام الذي سأورد وصفه فيما يلي من صفحات. ومن ثم ينبغي في وصفي لتركيب الجهاز الذي يقوم بالتحليل وهو المطياف *spectrograph* أن أستهدف الوصول إلى النتائج التي هي - فوق كل شيء - ذات أهمية لسانية وتقع في صميم موضوعنا. وإن كان ذلك لن يستنفد على الإطلاق جميع إمكانات المطياف بالنسبة لبحوث فيزياء الصوت.

* * *

الفصل الثاني

النغمات

عندما أطرق شوكة رنانة فإن طرفَيّ ذراعي الشوكة يهتزان كما يبدو في الشكل (٢). وتشير الأسهم إلى أقصى مدى للاهتزاز.



شكل ٢ . شوكة رنانة في حالة اهتزاز

ويتناسب هذا المدى مع القوة التي طرقت بها الشوكة، كما يعتمد - بطبيعة الحال - على الخصائص الفيزيائية للشوكة: مادتها ووزنها وشكلها. ويطلق على هذا المدى اتساع الذبذبة *amplitude*. ويتأرجح طرفا الشوكة

بسرعة معينة يمكن أن تقاس بوحدة زمنية؛ فقد نجد طرفي الشوكة - على سبيل المثال - يتحركان من وضع الراحة إلى أقصى وضع لهما في اتجاه ما، ثم إلى أقصى وضع في الاتجاه الآخر، ثم يعودان مرة أخرى إلى وضع الراحة مئتي مرة في الثانية، ويسمى هذا المقياس **التردد** *frequency*، ويعبر عنه بالذبذبة في الثانية على النحو الآتي: ٢٠٠ذ/ث. ويعتمد عدد الذبذبات في الثانية على طول ذراعي الشوكة (وأيضاً على خصائصها الفيزيائية)؛ فكلما طال ذراعا الشوكة زادت المدة الزمنية التي يتطلبها طرفاها لكي يُتما ذبذبة واحدة، وهذا يعني نقص تردد الشوكة الرنانة.

وتقاس استمرارية **حركة الشوكة** *extensity* (أو مدتها *duration*) قياساً زمنياً؛ فالشوكة تهتز لعدد معين من الثواني.

وبما أن هذه الاهتزازات يلتقطها الهواء، وتنتشر من خلال سلسلة من الضغوط والتخلخلات في الكثافة، تتولد عند ذراعي الشوكة الرنانة، وتنشأ عنها الحركة البندولية في جزيئات الهواء = وبما أن الاهتزازات تدرك في نهاية الأمر عند اصطدامها بطبلة الأذن على هيئة أصوات - لذلك كان السؤال الذي علينا أن نطرحه هو: بأي شكل تدرك الأذن في عملية السماع كل كمية من الكميات التي فرغنا لتوّنا من تسميتها؟

يرتبط **اتساع الذبذبة** *amplitude* فيزيائياً **بضغط الصوت** *sound pressure* وهو **انحراف** *deviation* عن ضغط الهواء الجوي المحيط يرجع إلى إزاحة جزيئات الهواء، ويقاس **بالداين** *dyens*، وهذا الاتساع يرتبط من جهة الإدراك **بعلو الصوت** *loudness* ويقاس علو الصوت **بالسون** *sones* وهذه الكمية هي بين كميات الإدراك، ولذلك فهي كمية ذاتية. أما من جهة الحقيقة الموضوعية فقد اصطلح على تسمية هذه الظاهرة **بالقوة الأكوستيكية** *acouistic power* وتقاس **بالوات** *watt*، وهو الوحدة التي يحسب بها استهلاك التيار الكهربي.

وضرورة التمييز بين العلو والقوة راجع إلى سلوك الأذن، فالأذن لا تترجم كل زيادة في القوة إلى زيادة مساوية رياضيّاً في العلو. يضاف إلى ذلك أن هذا التحريف الذي تمارسه الأذن لا يجري بطريقة واحدة مع كل مستويات التردد؛ ومثال ذلك أن القوة إذا نقصت فإن النغمات ذات التردد العالي تسمع على أنها أعلى من النغمات ذات التردد المنخفض. أما إذا زادت القوة فإن كل النغمات التي تتساوى في القوة تكون متساوية في العلو بقطع النظر عن اختلاف التردد.

ومن ثم فإن تغير القوة عند مستويات القوة المنخفضة ينتج عنه تغير القوة عند مستويات القوة العالية فينتج في الحقيقة نفس التغير في العلو بقطع النظر عن اختلاف التردد. وكذلك يكون الأمر عندما يكون مستوى القوة واحداً؛ إذ سنجد أحد الترددات يسمع عندما يكون العلو في أدنى درجاته. أما الترددات التي هي أعلى أو أقل من هذا التردد فلا تسمع إلا عندما يكون العلو أكبر.

وأُذن الإنسان حساسة بالنسبة لمجال واسع من القوى الأكوستيكية؛ فضغط أعلى صوت يمكن أن تدركه دون ألم أو ضرر يعادل ضغط أضعف صوت يمكنها سماعه حوالي مليون مرة. ولكي يسهل علينا استخدام هذه الأرقام الكبيرة في الحسابات الرياضية يقاس العلو غالباً بوحدة وضعت لهذا الغرض تسمى الديسيبل *decibel*، واختصارها د ب (d.b).

والديسيبل هو في الواقع وحدة يقاس بها التناسب بين كميتين من كميات الطاقة الكهربية أو الأكوستيكية، كما تقيس النسبة المئوية التناسب بين رقمين. غير أن هناك تقنيناً حديثاً قد وَضَع لقياس الطاقة تدريجاً ثابتاً يرجع إليه، بحيث صار للديسيبل بالنسبة لهذا التقنين مفهوم ثابت (كدرجة من درجات الترمومتر - مثلاً - حيث يتم تدريج الترمومتر ما بين نقطة غليان الماء ونقطة تجمده في مستوى سطح البحر)(١٩).

والقيمة المعيارية المرجعية التي اختيرت لنقطة الصفر هي ١٠^-١٦ واط في السنتيمتر المربع أي $\frac{١}{١٠}$ كادرليون من الواط وهذه الكمية هي أقل كمية من الطاقة تقع فوق أول حد من حدود الإدراك لأذن الإنسان، وهي ذات درجة تفضل قليلاً درجة الحساسية الطبيعية للسمع. أضف إلى ذلك أن أقل فرق يمكن للمستمع العادي إدراكه تقريباً هو ١ دب. لكن يبدو أن هذا الفرق يعتمد أيضاً - وإلى حد ما - على نوع الصوت الذي هو تحت الفحص: هل هو ضجة أم نغمة؟ وما نوعه من الضجات أو النغمات؟. وعلى هذا التدريج الذي تكون وحدته هي الديسيبل تقع المحادثة العادية بين ٥٠ - ٧٠ دب. أما الضجة التي تكون أعلى من ١٢٠ دب؛ فتسبب للأذن الألم والطنين المستمر، بل يمكن أن تسبب الصمم المؤقت (يلاحظ أن حاجتي إلى استخدام الديسيبل فيما يلي من فصول هذا الكتاب ستكون قليلة).

والتردد *frequency* **يحدد درجة الصوت** *pitch* التي يسمعها الإنسان. وكلما زاد التردد علت الدرجة. ومضاعفة التردد يرفع أي نغمة بمقدار طبقة واحدة *octave* في السلم الموسيقي. وهنا أيضاً - وللأسباب التي سبق ذكرها في حديثنا عن العلو - يوجد مقياس ذاتي وآخر موضوعي لتقدير الدرجة: يستخدم الأول **المِل** *mel* وحدة للقياس، ويستخدم الأخير الذبذبة في الثانية مقياساً له.

وإذن نحن عندما نتكلم عن «الاتساع - العلو» و«التردد - الدرجة» إنما نستخدم نوعين من الوصف والقياس لكل منهما: الديسيبل والوات للأول، والمل والذبذبة في الثانية للأخير. والديسيبل والمل مقياسان للإدراك يصفان ما يدركه الإنسان الذي يلاحظ الظاهرة. أما الوات والذبذبة في الثانية فهما مقياسان موضوعيان للطاقة يصفان ما تسجله الآلة غير البشرية. وليست العلاقة بين كل من هذين النوعين علاقة تناسب بسيط؛ فالعلاقة إذا مثلناها بخط بياني لن تظهر على هيئة خطوط بسيطة مستقيمة بل على هيئة

منحنيات تعرف بالمنحنيات النفسية - الأكوستيكية *psycho - acoustic curves*.

وقد يكتفي علماء الأنثروبولوجيا وعلماء النفس وعلماء اللسان الذين يعالجون اللغة في مستواها الثقافي (علماء الصوتيمات) بواحد من هذين النوعين، على حين يهتم عالم الفيزياء والأكوستيكي أو اللساني الذي يعالج اللغة على مستوى العلم الطبيعي (علماء الصوتيات «الفونوطيقا») بالنوع الآخر. أما عالم اللسانيات المختبرية المشتغل بالتحليل الطيفي فهو يهتم بالقيم الثقافية والفيزيائية للظاهرة في آن، ويأمل أن يقيم علاقة بين هذين النوعين من القيم، ولذلك ينبغي عليه أن يفسر الشاهد الذي يحصل عليه من كلا المصدرين بكلا النوعين من المصطلحات، وينبغي في نهاية الأمر أن يصفه بمصطلح من نوع ثالث هو المصطلح النفسي - الأكوستيكي. وهذا مثال آخر يدلنا على حاجتنا لأن ننظر إلى اللغة بوصفها ظاهرة ثقافية وفيزيائية في آن. وهذه الآنية بطبيعة الحال لا تتضمن ولا تستلزم استخدام مناهج أو أوصاف تتسم بالخلط والفوضى.

وإذا استخدمنا - مكان منظومة مكونة من أربع شوكات رنانة مختلفة أطوال الأذرع - أربعة أوتار مشدودة ذات أطوال وكتل متساوية فإنه يظل في إمكاننا إنتاج نغمات من درجات مختلفة بتغيير شد الأوتار (في حدود تظل تفرضها مرونة المادة). وكلما زاد شد الوتر زادت سرعة ذبذباته عند الطَّرْق، وارتفعت درجة النغمة الناتجة. وكذلك تستطيع الشفاه الصوتية - بواسطة حركة العضلات - أن تكون مشدودة أو مرتخية. ولأن هذه الشفاه لحمية وليست معدنية لذلك كانت أنواع الدرجات المتاحة لها كبيرة. (لاحظ أنه يمكن ربط الإطالة لأي شفتين صوتيين عادة بانخفاض الدرجة. أما إذا كانت الإطالة مصحوبة بتوتر فإن أثر زيادة التوتر يتغلب على أثر زيادة الطول، وتصير درجة النغمة أقرب إلى الارتفاع منها إلى الانخفاض).

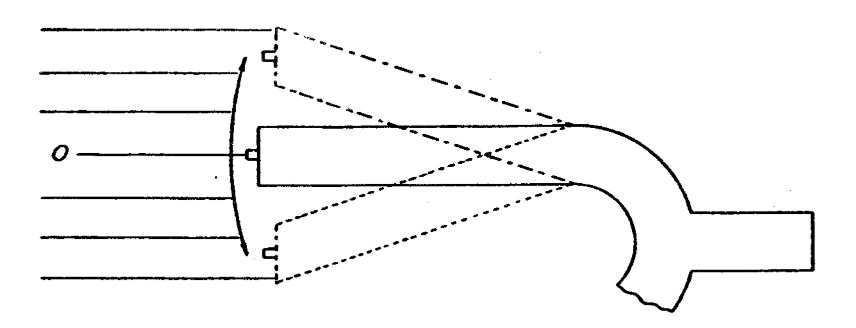
وأوتار الكمان الأربعة المتساوية تقريباً في الطول يمكن أن تصدر عنها

نغمة خامسة، مع قابلية كل وتر بمفرده لإصدار درجة يمكن تعديلها عن طريق شد الوتر. غير أننا إذا أردنا أن نزود الآلة بالفروق الأربعة الأساسية في النغمة دون أن نكلف مرونة الأوتار فوق طاقتها فإننا لا نترك مهمة تنويع الأنغام إلى تنويع شد الوتر فحسب، بل نحقق ذلك إلى حد كبير باستخدام أربعة أوتار من كتل مختلفة (في المادة والسُّمك). وبما أن التردد ينقص كلما زادت الكتلة إلى طول معين وتوتر معين، والعكس صحيح - لهذا كان من السهل أن نشد السلك الرفيع ذا الكتلة الصغيرة لينتج لنا نغمات عالية.

أما الأوتار المصنوعة من أمعاء الأغنام والخيل والأوتار الحلزونية الثقيلة في البيانو وما يشبهه من آلات - فهي أوتار ذات كتلة أكبر، وهي أنسب لإصدار نغمات منخفضة عندما تكون درجة توترها أقل. وكل وتر يمكنه - بطبيعة الحال - أن يصدر درجات متنوعة عن طريق استخدام وسيلة **الإيقاف** *stopping*، ونعني بها التحكم في تطويله وتقصيره بوضع الأصابع على أي نقطة بطول الوتر. وهذا هو ما يصنعه العازف بيده اليسرى.

والمتكلم ليس لديه إلا زوجان اثنان من الشفاه الصوتية، ومن ثم ليس لديه وسيلة لاستخدام **الإيقاف** داخل الحنجرة. لذلك كان تنويع درجات الأداء في الكلام أو الغناء دائماً تنويعاً لتوتر الشفتين الصوتيتين. وثمة شيء آخر هو أن أطوال الشفاه الصوتية وكتلتها تختلف باختلاف المتكلمين، ولذلك كان لكل متكلم مجال أساسي طبيعي من الدرجات لا يمكنه أن يتجاوزه. والظروف التشريحية لكل متكلم هي التي تمنحه الصوت **السوبرانو** *soprano* أو **الألتو** *alto* أو **الباريتون** *baritone* أو **الباص** *basso*[٢٠] (ونظراً لأن الشفاه الصوتية لدى الأطفال والنساء هي - بوجه عام - أصغر من حيث الكتلة لذلك توضع عند التصنيف في الطبقات الصوتية العليا. أما الطبقات الصوتية عند الرجال - وهي أكبر من حيث الكتلة - فتصنف في الطبقات الصوتية السفلى. وإذا تساوى جهازان نطقيان من حيث الخصائص التشريحية فإن الصوت المدرب

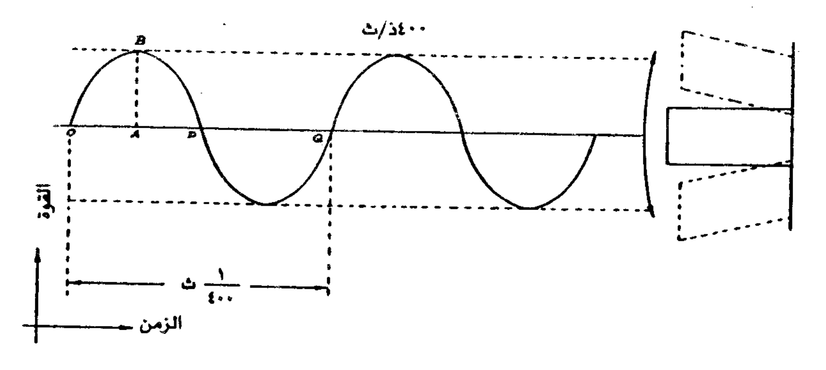
على الغناء يستطيع اكتساب الطريقة التي يصل بها إلى كلتا الطبقتين العليا والسفلى بأكثر مما يستطيع الصوت غير المدرب، وأن يؤدي بدقة ودون حشرجة أي درجة صوتية تُحدد له. ولكي يتمكن المتكلم أو المغني من التحكم في شد الشفتين الصوتيتين وإرخائهما - أتيح له طوع تصرفه منظومة بارعة من العضلات (إذا صح التعبير) يستطيع أن يحركها كيفما يريد.



شكل ٣ . ذراع شوكة رنانة في حالة اهتزاز

لنتصور، من قبيل التبسيط، الاهتزازات التي تصنعها ذراع واحدة فقط من ذراعي شوكة رنانة. إننا لو أمسكنا بالذراع، وجعلناها في وضع أفقي، وزودنا الناحية السفلية منها بقلم من أي نوع، وضغطنا به على صفحة من الورق - ضغطاً رقيقاً حتى لا تفقد الذراع كثيراً من طاقتها أثناء الاحتكاك - لو فعلنا ذلك لخرجنا بنتيجة يوضحها الشكل (٣)، حيث تتكرر الخطوط - بطبيعة الحال - فوق جزء من محيط دائرة على صفحة الورق.

ولكي نعيد تصوير هذه الحركة بحيث نمثل عامل الزمن علينا بدلاً من الإمساك بالورقة في وضع السكون أن نحركها بسرعة منتظمة تحت الذراع المهتزة - وبدلاً من أن يسير القلم على مسار واحد طول الوقت سيرسم لنا في هذه الحال خطاً متموجاً يسمى الرسم الذبذبي *oscillogram* والذي هو -على وجه الدقة - منحنى جيبي كما يبدو في الشكل (٤).



شكل٤ . رسم ذبذبي لشوكة رنانة في حالة اهتزاز

وتحويل الاهتزازات إلى صورة مرئية على هيئة منحنى بهذه الطريقة ليس إلا وسيلة من بين عدة وسائل ممكنة للتسجيل البصري. وجميع هذه الرسوم هي وسائل متعارف عليها لتمثيل الموجات وليست صورة واقعية للموجة الصوتية. وتمثل المسافة A - B في هذا الرسم اتساع النغمة (العلو، القوة) كما يعطى الخط O - Q صورة ذبذبة كاملة *cycle* أو دورة *period*.

وإذا افترضنا أن القلم قد استغرق في رسم كل من هاتين الذبذبتين الموضحتين بالرسم $\frac{١}{٤٠٠}$ من الثانية، فحينئذ تكون هذه الموجة بياناً لنغمة ترددها ٤٠٠ ذ/ث، ويجوز أن نعكس التعبير فنقول إن الذبذبة تستغرق $\frac{١}{٤٠٠}$ من الثانية، وإذن فالشوكة الرنانة المستخدمة هنا - بعبارة أخرى - ذات تردد هو ٤٠٠ ذ/ث، وهو تردد أعلى قليلاً من ٣٩٦ ذ/ث، وهي النغمة G الواقعة فوق نغمة C الوسطى. وقد اتفق في مؤتمر عقد في ڤيينا عام ١٨٨٩ على أن تكون النغمة المعيارية لدرجة الكونشيرتو A في أوروبا هي ٤٥٠ذ/ث. أما في الولايات المتحدة فالدرجة المعترف بها هي ٤٤٠ ذ/ث. (لاحظ أن هذه الدرجات الموسيقية عرفية ثقافية وليست مستويات طبيعية أو قطعية مفروضة سلفاً. إننا لا نعرف الدرجة المحددة التي عُزفت بها لأول مرة قطعة

موسيقية من أعمال باخ Bach أو بيهتوفن Beethoven - فضلاً عن الأعمال الأولى التي دونت بتدوين موسيقي مغاير للتدوين الذي نعرفه، وإن كان التدوين الموسيقي الذي وضعه المؤلف قد حدد - بطبيعة الحال - التناسب بين جميع الدرجات كما حدد مسار **اللحن الرئيسي** *theme* **والإيقاعات** *melodies*، ومن ثم فإن هذا التناسب لا يتغير، وينبغي أن نعي جيداً هذه النسبية في الدرجة التي تكفل لنا ثبات التعرف إلى القطعة الموسيقية مادام العزف الموسيقي محافظاً عليها، وذلك لأن نسبية الدرجة ذات أهمية أيضاً في الأداء اللغوي).

ونستطيع إذا عرفنا تردد أي نغمة من النغمات أي نحسب **طول موجتها** *wave lenght*؛ أي طول دورة واحدة (ذبذبة) مقيساً بالأقدام؛ وذلك بقسمة سرعة الصوت في الثانية على التردد. وعلى ذلك يكون طول الموجة التي ترددها ٤٠٠ ذ/ث هو $\frac{١١٣٠}{٤٠٠}$ ق = ٢,١٨ قدماً (ليس من المريح ولا من الضروري في شكل مثل الشكل ٤ أن تمثل الموجة بطولها الحقيقي. ولكي يتحقق هذا سنحتاج في التجربة الخاصة بالشكل ٤ إلى أن نحرك الورقة بسرعة الصوت. وسرعة الصوت - خلافاً لسرعة الضوء - لا تتصف بالثبات التام؛ فالسرعة التي أوردناها ١١٣٠ قدماً في الثانية هي سرعة الصوت في الهواء في درجة حرارة مقدارها ٢٠ درجة مئوية أو ٦٨ درجة فهرنهيت. وتنخفض السرعة إلى ١٠٨٩ ذ/ث في درجة الصفر المئوية أو ٣٢[٢١] فهرنهيت. وتزيد السرعة بزيادة كثافة الوسط؛ فالجوامد موصلات للصوت أفضل من السوائل، والسوائل أفضل من الغازيات، ولا يستطيع الصوت أن ينتقل في فراغ، أما الضوء فينتقل في الفراغ.

وتحتل الشوكة الرنانة - بين الأجسام القابلة للاهتزاز - مكانة خاصة، إذ إنها تصدر نغمة بسيطة جداً، تتكون من تردد أساسي واحد فقط (وتشارك الشوكة الرنانة في هذه الخاصية آلة الأوكارينا Ocarina والصفير الذي يطلقه الإنسان بصوته). وبسبب بساطتها ونقائها تستخدم الشوكة الرنانة لكي تقدم

للقائمين بضبط آلة البيانو درجة صوتية يرجعون إليها، وكذلك يرجع إليها من يُغَنَّون دون مصاحبة الموسيقا، والموسيقيون الذين يحتاجون إلى ضبط آلاتهم. (وقد وهب بعض الناس - وإن كانوا قلة نسبياً - صفاء في الدرجة الصوتية يمكّنهم من صنع نغمة بتردد معين - أو من التعرف إلى مثل تلك النغمة - على نحو دقيق دون الاستماع إلى مرجع أو معيار نغمي).

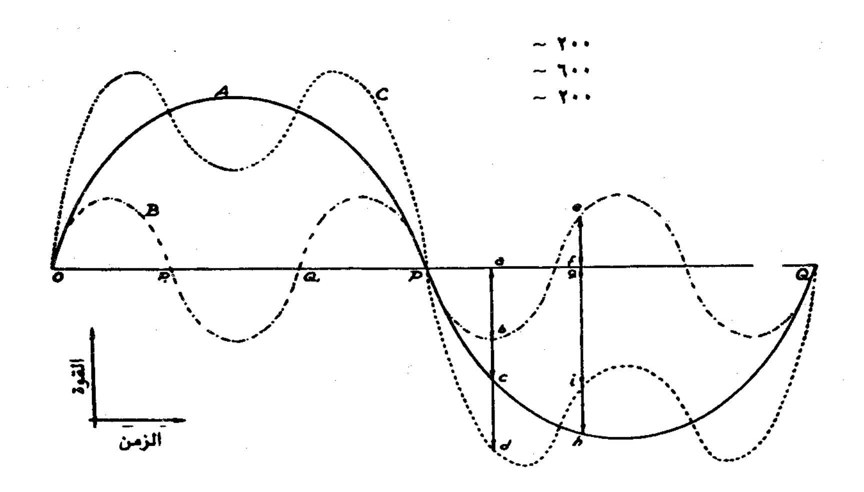
غير أن معظم الأصوات التي تصل إلى آذاننا - سواء صدرت عن آلة موسيقية أو صوت بشري أو أي مصدر غريب، وسواء كانت نغمات أو ضجات - ليست بسيطة في تركيبها على هذا النحو. وبدلاً من هذا التركيب البسيط تتألف هذه الأصوات من ترددين أو أكثر، وغالباً ما تتكون من عدد كبير من الترددات، تمتزج كلها امتزاجاً طبيعياً على نحو يدركها معه السامع على أنها صوت واحد. ومثل هذا الصوت يسمى **صوتاً مركباً** *complex*.

وإذن، فإدراكنا لأي صوت مركب هو إدراك لصوت واحد وليس لعدة أصوات، ولذلك نتوقع - حين يكون لدينا جسم يهتز منتجاً صوتاً مركباً - ألا يتكون الرسم الذي يمثل ذبذبة هذا الجسم من موجات جيبية متعددة بل من موجة صوتية واحدة ولكنها أشد تركيباً. وهنا يمكن لأحدنا أن يفترض -وافتراضه هذا له ما يسوغه - أن صورة الموجة المركبة هي - بطريقة ما - حاصل الموجات الجيبية البسيطة الداخلة في تكوينها، كما يفترض أن من المحتمل أن تكون هذه الموجة قابلة لأن تحلل إلى الأجزاء المكونة لها أكوستيكيا ورياضياً وبصرياً. ولنفحص هذه المسألة بالتفصيل.

لكي نعطي صورة تقريبية - وإن كانت ليست مطابقة - نشرح بها ظروف جسم يهتز مُصدِراً صوتاً ذا ترددين (ولاحظ أن هذه الحالة لا تزال حالة ممعنة في البساطة) - سنطرق شوكتين رنانتين مختلفتي التردد، ونتتبع صورة الموجة أو رسم الذبذبة الممثلة لهما. وفي الشكل (٥) بيان للنتائج: إن الموجة

«A» نتيجة لشوكة رنانة ترددها ٢٠٠ ذ/ث، والموجة «B» نتيجة لشوكة رنانة أخرى ترددها ٦٠٠ ذ/ث. والسؤال هنا: إذن ماذا عن الموجة «C» في هذا الرسم التوضيحي؟ إن الموجة «C» ليست موجة جيبية بسيطة، وهي لذلك لا تمثل نغمة بسيطة، ومن ثم لم تنتجها شوكة رنانة ثالثة. لكن تردد الموجة «C» هو ٢٠٠ ذ/ث، وهذا يعني أن صوتها يسمع بنفس درجة الموجة «A»، فهل الموجتان «A» و «C» تمثلان لأبصارنا نغمة واحدة؟ أم أن الأمر على خلاف ذلك؟.

حقيقة الأمر أن الموجة «C» هي حاصل الموجتين «A» و «B». إنها النتيجة المؤلفة منهما معاً.



شكل ٥ . رسم ذبذبي لشوكتين رنانتين

ومن الممكن - رياضياً ومن خلال حساب بالغ الطول والتعقيد - أن نتوصل إلى الحكم بأن الموجة «C» هي بالفعل مركبة من موجتين: تردد إحداهما ٢٠٠ ذ/ث وتردد الأخرى ٦٠٠ ذ/ث. وفي الرسم الذبذبي (٥)

نستطيع أن نركب الموجة «C» تركيباً هندسياً بجمع الموجتين «A» و«B» على هذا النحو:

ef - gh = gi أو ab + ac = ad

وهكذا في أي نقطة نختارها. ودرجة النغمة المسموعة التي تمثلها الموجة «C» هي ٢٠٠ ذ/ث، أي أنها نغمة مماثلة للنغمة المسموعة التي تمثلها الموجة «A». وتطابق هذه الحقيقة القاعدة الأكوستيكية التي تقرر أن الدرجة المدرَكة لأي نغمة تساوي القاسم المشترك الأعظم لكل الترددات التي تتألف منها هذه النغمة بالفعل. ونظراً لأن القاسم المشترك الأعظم للترددين ٢٠٠ و ٦٠٠ هو ٢٠٠ - لذلك تتحدد درجة الموجة «C» أكوستيكيا بالتردد ٢٠٠ ذ/ث. وحينئذ علينا أن نسائل أنفسنا: ماذا عن الموجة «B» في هذا الاندماج المؤلف من الموجتين «A» و «B» الذي نتيجته «C». تُرى هل تمضي الموجة «B» هكذا ببساطة دون أن تترك أثراً؟.

إن هذا صحيح - على الأقل - من حيث الدرجة. ولكن شكل كل من الموجتين «A» و «C» - من جهة أخرى - مختلف كل الاختلاف عن الآخر حتى إن المرء ليدهش: كيف تكون هاتان الموجتان - إذا صرفنا النظر عن الدرجة - ممثلتين حقاً لنغمة واحدة؟. إن الجواب أنهما لا تمثلان نغمة واحدة، وأن للموجة «B» دوراً في تكوين الموجة «C» ينشأ عنه أن تختلف الموجة «C» كل الاختلاف عن الموجة «A» باستثناء اتفاقهما في الدرجة. ولننظر لنعرف ما يكون إسهام الموجة «B»، وفي أي مظهر تختلف «A» عن «C» من الوجهة الأكوستيكية.

إن الدرجة - ولاسيما درجة الأساس *fundamental pitch* وهي التردد الذي تسمع به نغمة مركبة - ليست إلا مكوناً من مكونات النغمة، إلا أنها المكون الحاسم حين يكون اللحن *melody* هو موضع اهتمامنا. غير أننا جميعاً نعلم أن «الاتحاد» بين النغمات في الدرجة لا يلزم عنه الاتحاد في

الآثار السمعية إذا استثنينا الدرجة. ولذلك تصدر النغمات الواحدة أصواتاً مختلفة إذا عزفتها آلات مختلفة أو تغنت بها أصوات مختلفة. ولو أن الأمر كان على خلاف ذلك لما كان ثمة جدوى لاستخدام أوركسترا تستطيع الآلات المختلفة فيه أن تؤدي لحناً واحداً. كما أنه لن يكون ثمة اختلاف إذا ما أدى مغنيان مختلفان أو أكثر لحناً واحداً. ولو كانت الدرجة هي الخاصية الوحيدة التي تميز العزف الموسيقي لتساوى في الإجادة كل المغنين الذي يحفظون لحناً من الألحان حفظاً جيداً، ولَمَا تميزت أصوات بعضهم من بعض في أداء اللحن الذي يعهد إليهم به، ولَمَا كان هناك فرق بين أن يُعزف اللحن الواحد في الأوركسترا باستخدام الكمان والكلارينيت أو الكمان والهورن الفرنسي، أو أن يقوم بعزفه أربع من آلات من الكمان. ويبقى الآن أن نحدد العوامل المسؤولة عن تنوع نغمات الآلات والأصوات التي تعزف بدرجة واحدة.

إن الاختلاف بين الموجتين «A» و «C» كما يوضحه الشكل (٥) هو اختلاف في شكل الموجة. ولذلك يقال من منظور الرسم الذبذبي إن في **صورة الموجة أو شكلها** *profile* إشارة إلى خاصية أخرى غير خاصية الدرجة تتميز بها هذه الموجة عن غيرها. وهذه الخاصية تسمى أكوستيكيا **نوع النغمة** *quality of the tone*. الآن يبدو إسهام الموجة «B» في تشكيل الموجة «C» واضحاً. إن الموجة «B» لا تؤثر في طول الموجة «C»؛ ولكنها تؤثر في الشكل أو «البروفيل» الذي تظهر به كل ذبذبة من ذبذباتها؛ أي أنها لا تؤثر في الدرجة ولكن في نوع النغمة المركبة الناتجة. ويمكن - بعبارة أخرى أن نقول: إن من الممكن أن تكون الموجتان «A» و «C» تمثيلاً لنغمتين متحدتين في الدرجة تعزفهما آلات موسيقية مختلفة، أو يؤديهما مغنيان مختلفان (وقد تغاضيت هنا عن الحقيقة التي تؤكد أن معظم الآلات الموسيقية وأصوات المغنين تصدر بالفعل نغمات ممعنة في شدة التركيب إلى حد بعيد).



الفصل الثالث

الرسوم الذبذبية

الموجة «C» هي تركيب مؤلف من الموجتين «A» و «B» - وفي إمكاننا أن نحسب خصائصها الأكوستيكية بجمع مُكَوِّنَتيها، كما أن في إمكاننا بطريق عكسية وبحساب شبيه بذلك الحساب أن نحلل الموجة «C» إلى مُكَوِّنَتيها «A» و «B». ولابد أن تكون هاتان الموجتان منحنيين جيبيين كما نعلم. وتسمى هذه العملية **التحليل التوافقي** *harmonic analysis*. والهدف منها إذن هو تحديد الترددات التي تتكون منها الموجة المركبة. وتقودنا نتيجة التحليل التوافقي إلى بيان يوضح تردد **نغمة الأساس** *fundamental*؛ أي الدرجة التي تدرك بها الموجة، ويوضح أيضاً ما تشتمل عليه الموجة المركبة من **نغمات عليا** *over tones* أو **نغمات توافقية** *harmonics*؛ سواء من حيث عددها أو تردداتها. (وفي المصطلح الأكوستيكي تسمى نغمة الأساس **النغمة التوافقية الأولى** *first harmonic*، والنغمة التي تلي نغمة الأساس تسمى **النغمة التوافقية الثانية** *second harmonic*، التي هي في الوقت نفسه **النغمة العليا الأولى** *first over tone*. ويمضي المصطلح على هذا المنوال، فتسمى النغمة التوافقية الثالثة بالنغمة العليا الثانية.. وهكذا). وتكون النغمات العليا دائماً مضاعفات صحيحة لتردد نغمة الأساس. ومن المفهوم ضمنياً أنها من حيث القوة تكون أضعف من نغمة الأساس، غير أن قوتها لا تتناقص بالضرورة في تناسب عكسي بمقدار بعدها عن نغمة الأساس من حيث الذبذبات. وقد علمنا أن شكل «أي بروفيل» النغمة المركبة لا يتحدد فقط باشتماله على الترددات المختلفة، ولكن يتحدد أيضاً بخاصية **الاتساع** *amplitude* التي تميز هذه الترددات. والأمر كذلك بالنسبة **لنوع النغمة** *quality*، فهو يعتمد على توزيع القوة على الترددات الداخلة في تكوين النغمة المركبة. والتشكيل الذي يتخذه توزيع القوى على الترددات هو بطبيعته

صفة ملازمة للنغمة، ومن ثم فهو يرجع إلى الخصائص الفيزيائية للجسم المهتز، وإلي الطريقة التي يتم إثارته بها.

غير أن هذه النغمة المبدئية (التي تصدر مثلاً عن الشفتين الصوتيتين أو وتر الكمان أو قصبة الكلارينيت) يمكن أن تتعرض لتعديلات أخرى قبل أن تصل إلى آذاننا عن طريق مرورها خلال تجاويف الرنين والترشيح، وكذلك عن طريق التقوية (كما يحدث مثلاً في تجويفَيّ الفم والأنف أو جسم الكمان أو الالتواءات الحلزونية في البوق). وسأعالج هذه الظواهر في مكانها المناسب.

وإذا أضفنا في الشكل (٥) نغمات عليا أكثر من ذلك عند مضاعفات ٢٠٠؛ أي عند ٤٠٠ ذ/ث و ٨٠٠ ذ/ث و ١٢٠٠ ذ/ث مثلاً فإن التردد الأساسي للموجة سيظل ٢٠٠ ذ/ث؛ إذ إن هذا التردد لايزال القاسم المشترك الأعظم للترددات الموجودة. ولكن نوعية الموجة *quality* ستكون مختلفة كل الاختلاف عن تلك التي مثلناها بالموجة الأصلية «C»؛ بسبب ما طرأ من تعديل على تكوينها التوافقي. وطبيعي أن رسم الذبذبة الناتج عن إضافة مجموعة الترددات الجديدة التي دخلت إلى تكوينها لن يكون مماثلاً بحال لرسم الموجة «C».

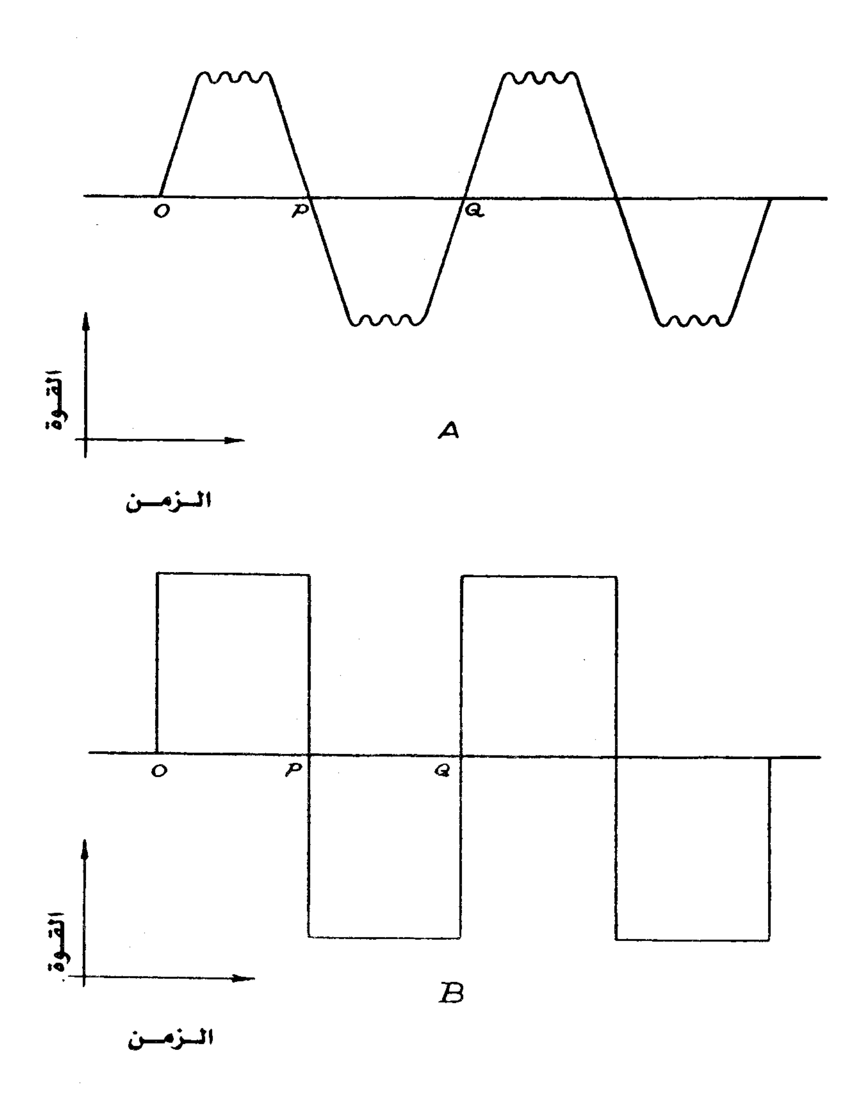
أما إذا اكتشفنا عن طريق التحليل التوافقي أن هناك نغمة معينة تشتمل على توافقيات عند ٤٠٠ ذ/ث و ٦٠٠ ذ/ث و ٨٠٠ ذ/ث و ١٢٠٠ ذ/ث وكانت تشتمل - بالإضافة إلى هذه التوافقيات - على نغمة توافقية أخرى عند ٣٠٠ ذ/ث فعلينا أن نعلم بداهة أن القاسم المشترك الآن هو ١٠٠، وهذا يجعل التردد الأساسي لهذه النغمة المركبة ١٠٠ ذ/ث؛ أي أنه أقل من التردد ٢٠٠ ذ/ث بطبقة صوتية واحدة أو أوكتاف واحد). وينبغي هنا التنبيه إلى ملاحظة مهمة؛ هي أن التردد ١٠٠ ذ/ث الذي ندركه أكوستيكيا ليس موجوداً بين الترددات الداخلة في تكوين النغمة. ووفقاً لهذه الحقيقة يكون من الممكن سماع النغمة المركبة بتردد لا يكشف عنه التحليل التوافقي، أو - بعبارة أخرى- إن ما نسميه بالتردد الأساسي - الذي هو مسؤول عن الدرجة

المسموعة للنغمة المركبة - ليس من الضروري أن يكون موجوداً بين مكونات النغمة المركبة.

وهنا يبرز سؤال: هل تخضع كل الموجات للتحليل التوافقي؟ والجواب نعم! شريطة أن تكون الموجات مكرورة *repetitive* أي دورية منتظمة تمام الانتظام *periodic*. وهذا يعني أن الدورة Q - O في الرسوم التوضيحية التي أوردتها ينبغي أن تتكرر خلال فترة من الزمن، وعلى مسافة واحدة، وبصورة واحدة للذبذبة، وبنفس «البروفيل». والصوت التي يجب أن يجري تمثيله على هذا النحو بموجة منتظمة يسمى نغمة *tone* وهو مختلف عن الضجة *noise* التي لا يمكن تمثيلها بهذه الطريقة؛ لأنها تتكون جزئياً على الأقل من ترددات عشوائية. وهذه هي العلة الفيزيائية في أن النغمة صوت ذو درجة قابلة للقياس، على حين أن الضجة ليست كذلك.

وما يسمى بالموجات المربعة *square wave* هو في حقيقة أمره حاصل جمع عدد من الموجات الجيبية. ويمثل الشكل (٦ أ) حاصل جمع عدد قليل من المكونات قد يكون أربعة أو خمسة. وكلما أضيف المزيد من المكونات كان شكل الموجة المركبة الناتجة أقرب شبهاً بالشكل «٦ ب». (ولكي نحصل على الرسوم الذبذبية الخاصة بالموجة السريعة علينا أن نستخدم التوافقيات الفردية فقط؛ أي الثالثة والخامسة والسابعة...إلخ). وتكرارية هذه الأشكال وحدها هي الضمان الكفيل بقابليتها لأن تحلل إلى موجات جيبية تدخل في تكوين النغمة المركبة.

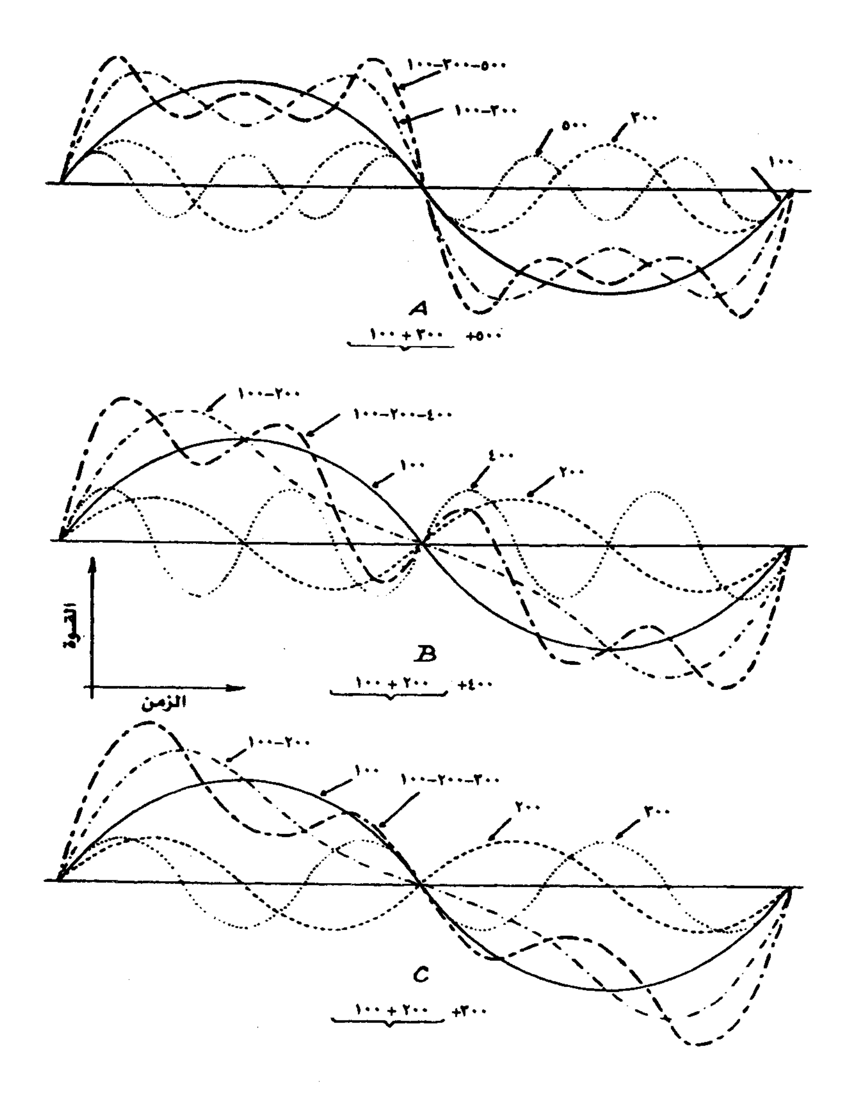
والآن إذا كان لدينا موجة تتكرر بطريقة مثالية فإنها يفترض بطبيعة الحال أن تستمر في الجو إلى الأبد؛ ذلك لأنها لا تتضمن أي قوة داخلية تغيرها أو توقفها مادامت قد أخذت في التحرك. (ويمكن للمرء في هذه الظروف أن يتخيل نفسه وهو يقتنص موجة صوتية كانت تسير لآلاف السنين. وفي هذه الحال ستكون خطبة لديموستين ألقاها عرضاً أو محادثة في حانة



شكل ٦ . موجات مربعة

من حانات البومبي القدماء، ذات أهمية عظيمة للمشتغل بعلم اللغة التاريخي). غير أن الظروف في عالم الطبيعة ليست مثالية من الناحية الرياضية على الإطلاق، إذ إن الموجات الصوتية تفنى بسبب فقدان الطاقة، حيث تعترضها عوائق لا حصر لها، تتفاوت درجات مرونتها زيادة ونقصاً. ومن بين هذه العوائق ما هو موجود في كل مكان ولا يمكن تجنبه؛ وهو الهواء نفسه. ومع ذلك فالهواء ليس إلا عارضاً طارئاً. إنه - من حيث المبدأ - المركبة الحتمية التي يستقلها الصوت. إذ إن الصوت - خلافاً للضوء - لا ينتقل في فضاء مفرغ من الهواء. غير أن ما يعرض لقوة الأصوات من تغير وتناقص عند التواصل بالكلام إنما يحدث بطريقة تدريجية أياً ما كانت سرعة التغير والتناقص.

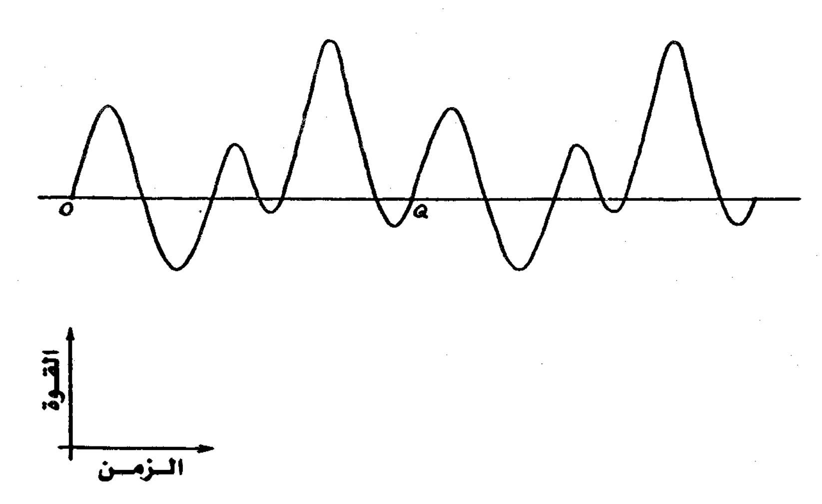
ولكي نحقق الأهداف العملية التي تهدف إليها دراسة الجانب الأكوستيكي من أصوات الكلام يمكن أن نغض الطرف عن فكرة فناء الموجة، وأن نعالجها رياضياً كما لو كانت موجة مثالية غير متناهية وغير مضمحلة. وهذا هو في الواقع ما قد فعلته في الأمثلة والأشكال التوضيحية السابقة. وتتميز جميع الرسوم الذبذبية التي نوقشت حتى الآن بأنها - بالإضافة إلى تكراريتها - تشترك في صفة معينة، وأعني بهذه الصفة أن جميع المكونات التي تتألف منها النغمة المركبة تبدأ في لحظة واحدة، وفي نقطة صفر مشتركة على البعد الزمني للرسم الذبذبي. ونظراً لأن التوافقيات - عند تمثيلها - هي مضاعفات لنغمة الأساس من حيث التردد؛ لذلك ينبغي أن يصل جميعها مرة أخرى إلى نقطة صفر مشتركة على خط الأساس *baseline* في نهاية كل نصف ذبذبة من ذبذبات نغمة الأساس (بقطع النظر عما إذا كانت نغمة الأساس بالفعل جزءاً من النغمة، وممثلة في تصوير الذبذبة أو لا). ولذلك فإن النصف الثاني من الذبذبة في نغمة الأساس ليس صورة سلبية معكوسة للنصف الأول فحسب، بل إنه في ذاته أيضاً تكرار للموجة المركبة التي تنتجها كل هذه التوافقيات معاً. ويوضح الشكل (٧) هذا الأمر؛ حيث تظهر توليفات



شكل ٧ . موجة مركبة نسقية

متنوعة من نغمة الأساس مع نغمات توافقية فردية وزوجية، ومزيج من الفردية والزوجية، بالإضافة إلى الموجات المركبة الناتجة عن هذه التوليفات على ما هو مبين بالشكل.

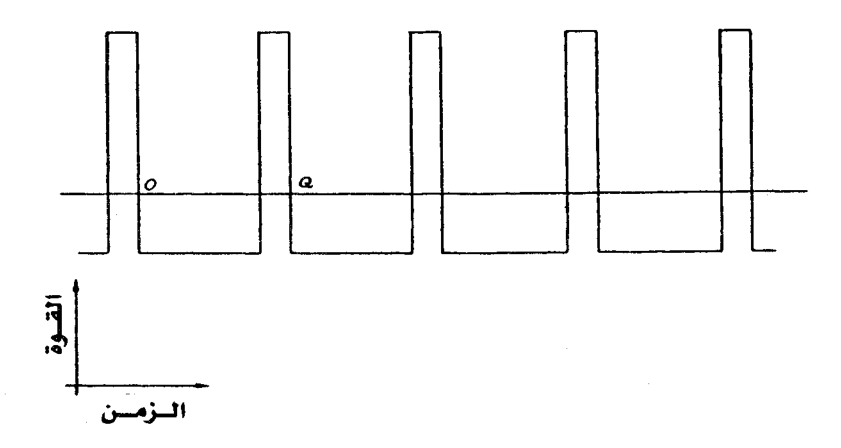
ويمكننا الآن أن ننشئ موجة مركبة لا يلتقي مكونان من مكوناتها على خط الصفر، وهذا هو ما يوضحه الشكل (٨).



شكل ٨ . موجة مركبة غير منتظمة

(وسنناقش المتطلبات الفيزيائية لإنجاز مثل هذا الرسم الذبذبي في الفصل الآتي). وعلى الرغم من أن هذا الشكل يشبه الأشكال السابقة في أنه موجة مكرورة (تقع حدود ذبذباتها مرة أخرى بين النقطتين O و Q)، وهي لذلك قابلة لأن تحلل من حيث الرسم إلى عدد من المنحنيات الجيبية - أقول على الرغم من ذلك كله فإن ذبذباتها الكاملة لا تتقسم إلى نصفين يعكس كل منهما الآخر. أو - قل بعبارة أخرى - إن هذا الشكل خلافاً للأشكال السابقة يفتقد النقطة P على خط الصفر، تلك التي تقع في منتصف المسافة ما بين O و Q، وهي التي تعبرُ عندها الموجة خط الأساس وتكرر نفسها بعد ذلك بطريقة عكسية.

ويمثل ما يسمى بالموجة المستطيلة *rectangular wave* التي تظهر في الشكل (٩) حالة متطرفة من هذا النوع. وإن كان من الواضح أننا مازلنا نعالج موجة مكرورة منتظمة (لاحظ الدورة O Q)؛ ومن ثم فالشكل يمثل نغمة يمكن أن تخضع للتحليل التوافقي. وأنا أسميها حالة متطرفة لأن الجزء الواقع من الموجة فوق خط الأساس يستغرق $\frac{١}{١٠}$ من الدورة، على حين يستغرق الباقي $\frac{٩}{١٠}$ (لاحظ أن الرسم الذي أوردته خال من التدريج). ونحتاج لكي نحصل على هذه الصورة «البروفيل» إلى تنظيم التوافقيات والقوى (الاتساعات *amplitudes*) بالطريقة المبينة في القائمة (٢).



شكل ٩ . موجة مستطيلة

تُرينا هذه القائمة أنه إذا حددنا قوة النغمة التوافقية الأولى، أو نغمة الأساس، بالواحد الصحيح فإن النغمة التوافقية السادسة تظل - من حيث الشدة - تمثل أكبر من نصف قوة الأولى. وهذا يعني بالطبع أن النغمات العليا الخمس الأُوَل - على الأقل - تسهم بقسط كبير في تحديد نوعية النغمة، أو - إذا تكلمنا من جهة الرسم - في تحديد بروفيل الموجة على الرغم من أنها

لا تؤثر أي نوع من التأثير على الدرجة. لاحظ أيضاً في هذا التنظيم الخاص أن النغمات التوافقية: العاشرة والعشرين والثلاثين لا وجود لها، وكذلك يكون الحال مع النغمتين: الأربعين والخمسين..إلخ لو أن عدد التوافقيات في القائمة زاد بما يكفي لتحقيق مزيد من البيان. وعدد النغمات التوافقية الموجودة - كما يبدو في الشكل (٦) - لا نهاية له من الوجهة النظرية.

وحينما قلت منذ قليل إن النغمات العليا لا تأثير لها على درجة نغمة من النغمات كنت أتكلم - تحديداً - بلغة الفيزياء (أي بقياس التردد مستخدماً وحدة «الذبذبة في الثانية»).

أما إذا حوَّلتُ المسألة إلى مستوى الإدراك معبراً عن نفسي بمقياس مل *mel* فقد صار لزاماً عليّ أن أقول: إن اختلاف تركيب النغمات العليا ينتج عنه بالتأكيد إدراك مختلف للدرجة حتى وإن بقي تردد نغمة الأساس كما هو دون تغيير. وهكذا صرنا وجهاً لوجه مرة أخرى أمام ضرورة رؤية الوقائع الأكوستيكية مع توجيه الاهتمام الواجب للحقيقة النفسية - الأكوستيكية كما تتمثل في إدراك السامع.

ولمثل هذه الأسباب فإني حين تحدثت عن إضافة نغمات، والحصول بذلك على موجة مركبة يكون تردد نغمة الأساس هو القاسم المشترك الأعظم للترددات الداخلة في تكوينها - أقول إنني حين تحدثت عن ذلك كُنت على صواب من الوجهة الرياضية.

أما إذا أردت الحصول على نتائج مسموعة تدعم القضية الأكوستيكية، ولكي أسمع بالفعل نغمة لها الدرجة التي أتوقعها فإن هناك حقيقة مهمة لابد أن أوليها اهتمامي: هي أن نغمات الأساس التي استخرجتها بالحساب دون أن أعير مزيداً من الاهتمام لموقف النغمات العليا ليست إلا نغمات مصحوبة فعلاً بعدد كبير من التوافقيات العليا التي تتقاسم توزيع الطاقة فيما بينها

بطريقة مناسبة، وإلا فلن يكون هناك اتفاق بين الحسابات الرياضية والإدراك؛ أي أن ما ندركه بالمل لن يتفق مع ما نحسبه بالذبذبة في الثانية.

وأياً ما كان الأمر فعدم التناسب المحتمل بين بيانات المِلّ والذبذبة في الثانية في أصوات الكلام ذو أهمية ضئيلة. ويرجع ذلك اولاً: إلى أن الدرجة الخالصة غير مهمة في الكلام. وثانياً: لأن أصوات الكلام ذات الدرجة أو التردد القابل للقياس تشتمل في جميع الأحوال على عدد من النغمات التوافقية العليا تمتاز بالكثرة والقوة.

* * *

الفصل الرابع

النغمة الحنجرية

وصلت بالمناقشة إلى الرسوم الذبذبية التي تمثل نغمات بالغة التركيب؛ لأن النغمة الصادرة عن الشفتين الصوتيتين - وهي النغمة الحنجرية *glottal tone* - هي من هذا النوع، وهذا الأمر هو محل اتفاق بين معظم العلماء. وقد رجح بعض العلماء أن الرسم الذبذبي للنغمة الحنجرية يقع قريباً من الموجة المستطيلة المبينة في الشكل (٩). ولكن من المسلم به أن هذا الرسم الذبذبي مع تكوينه التوافقي (القائمة «٢») هو تخميني إلى حد كبير. وغياب المعرفة اليقينية هنا ليس مثيراً للدهشة؛ ذلك لأن النغمة الحنجرية ليست طيعة للبحث الأكوستيكي، إذا ما أردناها خالصة على النحو الذي تصدر به من الشفتين الصوتيتين، وقبل أن تتأثر بالتعديلات التي تدخلها عليها تجاويف الرنين الواقعة فوق الحنجرة في الأنف والفم. وقد بُذِلت كل أنواع المحاولات لإيلاج مكبرات للصوت، سواء كانت من خلال الفم أو داخل الحنجرة مباشرة من الخارج (مع الأشخاص الذين أجريت لهم عمليات فتح الحنجرة)، ولكن جميع هذه المحاولات تؤدي إلى إنتاج غير طبيعي للنغمة[٢٢].

وقد تخلى العلماء إلى حد كبير عن النظرية القائلة بأن كل اهتزازة من اهتزازات الشفتين الصوتيتين ترجع إلى عملية عصبية مستقلة، وعلى هذا القول يكون هناك مركز عصبي يتحكم مباشرة في التردد أو الدرجة بالنسبة لأي نغمة من النغمات. ويبدو من المحقق أن البديل لهذه النظرية هو القول بأن التردد الحنجري ينتج عن التأثيرات المركبة للضغط في منطقة ما تحت الحنجرة وكتلة الشفتين الصوتيتين وتوترهما، بالإضافة إلى وجود تنويعات

وتغييرات في التردد تحكمها التغذية الراجعة *feed back*؛ أي استماع المؤدي لنفسه واستخدامه إحساسه الواعي *kinesthetic* لضبط أدائه.

وقد التقطت أشرطة سينمائية ممتازة بالحركة البطيئة (٤٠٠٠ صورة في الثانية) للشفتين الصوتيتين في حال عملهما، كما أجريت تجارب كثيرة بطريقة وضع القساطل داخل الحنجرة والمرئ لقياس الضغط تحت الحنجرة أثناء إصدار الصوت. وبذلك عرفنا شيئاً كثيراً عن أنواع التحركات التي تقوم بها الشفتان الصوتيتان، وعن ردود فعلهما إزاء التنوع في الضغط الواقع تحت الحنجرة وفوق الحنجرة، وعن علاقة الاهتزاز بنوع الصوت الصادر منها وغير ذلك. غير أن العلماء لايزالون على الرغم من ذلك - وحتى هذه اللحظة - بعيدين عن معرفة كل ما يحتاجون إلى معرفته عن النغمة الحنجرية.

والجهل بكثير من الحقائق الأكوستيكية عن النغمة الحنجرية هو شيء يؤسف له، لكنه من حسن الحظ أن هذا الأمر لا يتوقف عليه مصير أهدافنا البحثية الراهنة. وربما يكفينا في هذا المقام أن تعرف حقيقة تفصيلية وحيدة يبدو أن الأكوستيكيين متفقون عليها، وإن كان البرهان المختبري الكامل والإحصاءات الرياضية بشأنها لا تزال منعدمة، وخلاصة هذه الحقيقة أن النغمة الحنجرية شيء ذو تركيب بالغ التعقيد؛ أي أنها تتكون من عدد كبير من النغمات التوافقية، وأن كثيراً من هذه النغمات التوافقية على حظ من القوة؛ ومن ثم فهو يسهم إسهاماً مهماً في تحديد نوعية النغمة الحنجرية.

ومن المعروف أيضاً أن النغمات التوافقية المكونة للنغمة الحنجرية لا تبدأ كلها في لحظة واحدة. ومرد ذلك إلى وضع الشفتين الصوتيتين في مواجهة تيار الهواء. إن تحريك تيار الهواء للشفتين الصوتيتين ينتج عنه أن تبدأ الأجزاء السفلى منها بالاهتزاز قبل الأجزاء العليا. ولهذا لو أننا قمنا بعمل رسم ذبذبي للنغمة الحنجرية لجاء هذا الرسم مشابهاً لما في الشكلين

(٨) و (٩)؛ حيث نجد أن نصف الذبذبة في كل منهما ليس صورة منعكسة لنصفها الآخر.

ومن المتوقع أن النغمة التي تكون غنية جداً بالتوافقيات يكون في الإمكان تعديلها في يسر من حيث نوعيتها وقوتها، وذلك من خلال التأثيرات التي يحدثها الرنين والترشيح والتقوية. وهذه الظواهر التي سنعالجها -بالتفصيل - ناتجة عن خصائص غرف الرنين من حيث الشكل والحجم، وهي الغرف التي تمر بها النغمة قبل أن تصل إلى أذن السامع. وتقوم بهذه المهمة في جهاز النطق البشري **تجاويف ما فوق الحنجرة** *supra - glottal cavities*، وتستطيع هذه التجاويف في سرعة وخفة أن تقوم بتعديل ترددات معينة من بين الترددات التي تشتمل عليها النغمة الحنجرية، وذلك بأن ترشحها أو تقويها أو تضيف إليها عنصر الرنين. وعلة ذلك هو ما تتمتع به الأعضاء المكونة لهذه التجاويف من قدرة عظيمة على الحركة.

ويتميز تكوين النغمة الحنجرية وتركيب أعضاء النطق بأن أقل التحركات التي تقوم بها هذه الأعضاء كاف لإنتاج تنوعات أكوستيكية ذات أهمية، وذات قابلية للإدراك من حيث النوعية والدرجة. ولذلك كان عدد التنوعات الممكنة هائلاً، ولكن كل لغة تكتفي من هذا المجموع الهائل باختيار مجموعة صغيرة من الفئات الصوتية المتمايزة، أو من الصوتيمات المجهورة بما هي صوتيمات مشتملة على نغمة حنجرية.

* * *



الفصل الخامس

الطَّــوْر

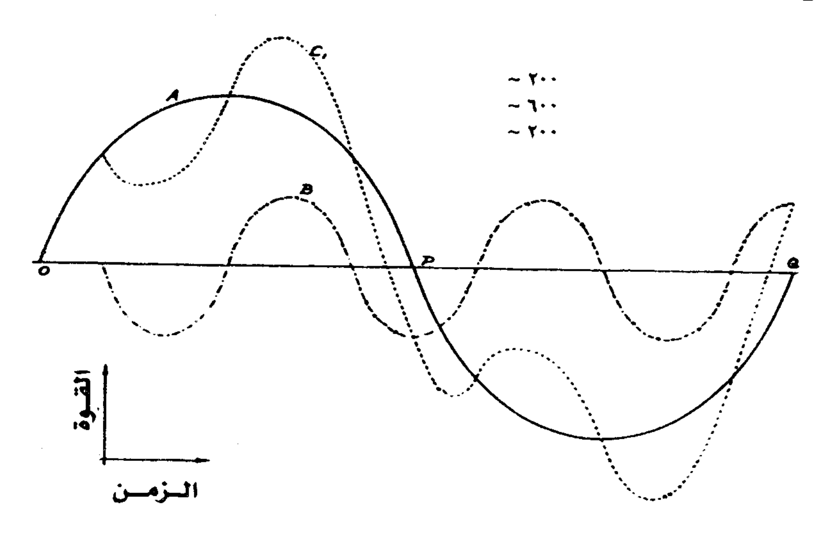
سبق أن ذكرت أنه في الحالات التي لا تبدأ فيها جميع مكونات النغمة المركبة في نقطة صفر واحدة - أي في وقت واحد - حينئذ نحصل على رسوم ذبذبية لموجات مكرورة ليست أنصافُ ذبذباتها صورةً عكسية لأنصافها الأخرى. ويقودنا هذا الأمر إلى أن نتأمل خاصية في رسم الذبذبات أهملنا علاجها حتى الآن، وتلك هي خاصية **الطَّوْر** *phase*.

من الممكن أن تبدأ الموجتان «A» و «B» في الشكل (٥) عملية الاهتزاز في وقت واحد. غير أن هذا الفرض هو فرض تحكمي وإن كان ممكناً؛ فالحقيقة قد تكون كذلك ولكن ليس من الحتمي أن تكون كذلك. والحق أني ذكرت في الفصل الرابع أن النغمة الحنجرية هي إحدى الحالات التي لا يشيع فيها هذا الشرط. ونحن إذا أعدنا التجربة الموضحة في الشكل (٥) بطريقة مختلفة؛ فَبدلاً من أن نثير كلتا الشوكتين في وقت واحد قمنا بتأخير طرق الشوكة الثانية جزءاً من الثانية يكون أقل من المدة التي تتطلبها الشوكة «A» لكي تتم نصف ذبذبة. بعبارة أخرى إذا بدأنا رسم الذبذبة الخاصة بالموجة «B» في نقطة تقع ما بين بداية ونهاية نصف ذبذبة للموجة «A» - أقول إننا إذا فعلنا ذلك فسنحصل حينئذ - بإضافة «A» إلى «B»- على الموجة «C_1» التي يبينها الشكل (١٠)، وهي موجة تختلف بالضرورة اختلافاً واضحاً عن الموجة «C» المبينة في الشكل (٥). إننا بذلك لا نكون قد غيرنا الموجتين المكوِّنتين، ولكنا نكون قد غيرنا الطَّوْر فقط.

والسؤال الآن يدور على الموجتين «C» و «C_1» اللتين تختلفان في الطور وفي الصورة «البروفيل»، وتتفقان فيما سواهما: هل هاتان الموجتان تُسْمَعان متماثلتين أم لا؟. أو لِنَضع السؤال بمصطلحات أخرى فنقول: هل الاختلاف

في الطور - إذا ما بقيت جميع العوامل الأخرى متساوية - ينتج عنه اختلاف لا يقتصر على الاختلاف في الرسم الذبذبي وإنما يتجاوز ذلك إلى الاختلاف في الصوت المدرك بالسماع أيضاً؟

والجواب الذي من السهل أن يكتشف بالتجربة هو أن النغمتين اللتين تمثلهما «C» و «C_1» تُسمَعان متماثلتين تماماً من حيث الدرجة والنوعية كلاهما. (وقد يكون للطوّر في ظروف خاصة لا تعنينا هنا تأثير على النغمة؛ فإذا كان لدينا نغمتان داخلتان في تكوين نغمة مركبة، وكانتا متساويتين تماماً ومتضادتين تماماً في الطور؛ بمعنى أن الثانية تبدأ عند نهاية نصف ذبذبة الأولى - فحينئذ ستلغي كل منهما الأخرى إلغاء لا يقتصر على الرسم الذبذبي بل يتجاوز ذلك إلى إلغائها أكوستيكيا أيضاً، وستكون النتيجة التي تبدو غريبة هي السكون؛ ومن ثم فإن الاختلاف في صور الرسوم الذبذبية «أو البروفيل» الممثلة لتردد واحد ربما لا يقتصر على تمثيل فروق في النوعية يمكن إدراكها بالسمع فقط، ولكنه قد يتجاوز ذلك إلى تمثيل فروق في الطور لا تدرك بالسمع)[٢٣].



شكل ١٠ . موجة مركبة لا نسقية

من الواضح إذن أن آذاننا وأعصاب السمع لدينا حين تنقل إلينا الفروق الخاصة بالتردد والاتساع، أو الدرجة والعلو في نغمة الأساس والنغمات العليا لموجة مركبة - فإننا حينئذ لا ندرك بالسمع خاصية الطور، ولا نحكم بوجودها، وعلى ذلك فإن الانطباع السمعي حين يخضع في مخ الإنسان لعملية تُساوي عملية التحليل التوافقي لموجات الهواء التي تصل إلى آذاننا، حيث تحدد لنا هذه العملية درجة النغمة ونوعيتها - فإن المخ يقوم تلقائياً بإجراء تعديلات وتصحيحات تبطل مفعول الطور، وتجعله غير مدرك بالسمع.

هل يعني ذلك أن الرسم الذبذبي تصوير زائف للحقيقة؟

الجواب: لا. إن ذلك لا يعني أكثر من أن الحقيقة الأكوستيكية للصوت الذي يمثله الرسم لا تتفق والحقيقة الأكوستيكية التي ندركها بالسمع، أو هو يعني - بعبارة أخرى - أن آلة **الراسم الذبذبي** *oscillograph* لا تقدم لنا أي معلومات أكوستيكية خاطئة، ولكنها مع ذلك لا تمدنا بالمعلومات التي هي الأهم من زاوية الإدراك السمعي العادي عند الإنسان. ولما كانت مهمتنا هنا أن نفحص كيفية إدراك الأصوات، وماهية الأصوات التي ندركها - لذلك كانت حاجتنا هي إلى آلة تعطينا معلومات وثيقة الصلة بهذا الجانب. وبناء على هذه المقدمات يكون الرسم الذبذبي الذي يحدد الطور رسماً يسجل ظاهرة الطور الفيزيائية تسجيلاً بصرياً مع أنها غير ذات علاقة بالسمع.

وقد يجد عالم الفيزياء نفسه في وضع له مسوغاته يود فيه أن يُحَصِّل معرفة مفصلة عن الطور. أما اللساني فهو أقل عناية بهذه الظاهرة. إنه - على العكس من ذلك - يود أن يكون على يقين من أن صورة الصوت التي ينظر إليها ليست متأثرة ولا خاضعة لظاهرة الطور بأكثر مما يتأثر بها ويخضع لها الإدراك والتمييز السمعي والعصبي للصوت. ونحن نعلم أن كليهما لا يتأثر بظاهرة الطور ولا يخضع لها على الإطلاق.

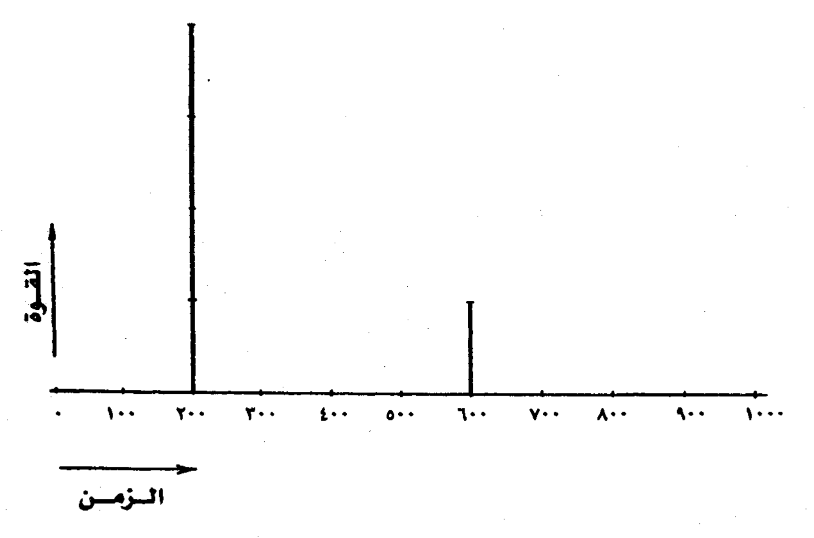
ومن ثم فإن وصف الصوت الكلامي وصفاً أكوستيكياً يرضاه اللساني بطبيعة مهنته يستلزم معلومات أقل مما يمدنا به الرسم الذبذبي الدقيق، وهنا يكون الطور هو الكمية الزائدة عن الحاجة. إن ما تتطلبه أهدافنا البحثية من أجل تقديم وصف كامل لأي صوت مركب هو بيان يوضح كمية القوة الموجودة في لحظة بعينها عند كل تردد من الترددات الواقعة داخل مجال السمع في الأذن البشرية الطبيعية. ويبدأ هذا المجال من ٢٠ ذ/ث إلى ٢٠٠٠٠ ذ/ث (أما عند الأطفال فيصل إلى ٤٠٠٠٠ ذ/ث). (وفي نطاق هذا المجال ليس من الضروري عادة بالنسبة لأهداف البحث اللساني أن نتجاوز ٨٠٠٠ ذ/ث تقريباً. بل لقد ثبت - بوجه عام - أن ٣٦٠٠ ذ/ث تمثل الحد الأقصى الكافي لتحقيق هذه الأهداف؛ إذ لا يخرج عن هذا الحد إلا بعض الترددات العشوائية العالية في الأصوات الاحتكاكية. لهذه الأسباب لن تتجاوز الرسوم الطيفية التي سأناقشها فيما بعد ٣٦٠٠ ذ/ث إلا في القليل من الحالات). ومثل هذا البيان الذي يوضح توزيع القوة قد زودتنا به - على سبيل المثال - القائمة «٢» السابق إيرادها.

بيد أن الغاية القصوى لي هي أن أصل إلى تصوير مرئي لأصوات الكلام، وأن أتوصل على وجه اليقين إلى تسجيل هذه الأصوات على محور الزمن، لكي تظهر - بالقدر المستطاع - أقرب ما تكون إلى الطريقة التي صدرت بها في تيار الكلام الواقعي. ولهذا فإن القوائم التي هي من النوع السابق لن تخدمنا في تحقيق هدفنا، لأنها تورد مكونات الأصوات منفصلة ومتتابعة، أو لأنها تورد مكونات تحتاج إلى وقت طويل يكفي لإجراء الحسابات عند أي عدد من النقاط التي يختارها الباحث على مدى مجموع الزمن الذي يستغرقه الصوت.

الفصل السادس

التكوين الطيفي

يقدم لنا الشكل (١١) إحدى الطرق المتبعة في تصوير الموجة المركبة. ولكي لا أجعل من قراءته مهمة بالغة التعقيد اخترت أن أمثل فيه الحالة المبينة بالشكل (٥).



الشكل ١١ : تكوين طيفي لموجة مركبة

(حيث لا يشتمل الشكل (٥) إلا على مكونين فقط)، وذلك بدلاً من تمثيل الحالة المبينة في الشكل (٩) (الذي يشتمل على ما لا حصر له من المكونات). ونحن نعلم أن الموجة «C» في الشكل (٥) تتكون من الموجتين «A» و «B»؛ ومن ثم فإن نقطتي القوة فيهما تقعان عند مستوى الترددين ٢٠٠ ذ/ث و ٦٠٠ ذ/ث. وقد أشير في الرسم إلى كمية القوة فيهما باتساع الموجة.

ويحدد علم الفيزياء الأكوستيكي كمية القوة *power* بأنها مربع اتساع الموجة *amplitude*. فإذا افترضنا أن اتساع الموجة ٢٠٠ ذ/ث هو ٢، وأن اتساع الموجة ٦٠٠ ذ/ث هو ١ - فسنحصل مع الموجة ٢٠٠ ذ/ث على كمية القوة ٤، ومع الموجة ٦٠٠ ذ/ث على كمية القوة ١. وعلى ذلك فإن الرسم الذي يتضمنه الشكل (١١) - حيث يتم تمثيل الذبذبات على المحور الأفقي وتمثيل القوة على المحور الرأسي - يشير فيه الخطان الرأسيان إلى كمية القوة الموجودة مع الترددين اللذين تتكون منهما الموجة «C». وإذا قمنا بإجراء العملية نفسها مع الموجة «C_1» فسنجد الشكل (١١) يمثل كلاً من الموجة «C» والموجة «C_1»، وذلك لأن الرسم لن يصور إلا تردد الموجة واتساعها. وهذا يعني أن المدركات المتماثلة تصورها لنا رسوم متماثلة. ومن هنا يعد هذا الرسم أكثر صدقاً من الرسم الذبذبي في تمثيله للحقيقة المسموعة التي تدركها أذن السامع، فهو يمدنا بالمعلومات المتعلقة بكمية القوة الموجودة مع الترددات المكونة للصوت، وهي المعلومات الوثيقة الصلة بموضوع الإدراك، كما أنه يهمل المعلومات المتعلقة بالطّوْر، وهي المعلومات التي لا صلة لها بما نحتاج إلى معرفته. هذا الرسم الذي يقدمه لنا الشكل (١١) يسمى التكوين الطيفي للصوت *spectrum*.

غير أننا في عملية إنشاء هذه الصورة الطيفية فقدنا عنصر الزمن الذي هو موجود في الرسم الذبذبي. ومردٌّ ذلك - بطبيعة الحال - إلى أننا لا نستطيع أن نصور في عملية التمثيل البياني ذي المحورين إلا بعدين اثنين: إما الزمن مع «بروفيل» التردد، وإما القوة مع «بروفيل» التردد. ولذلك فإن هذا النوع من الرسم الطيفي لا يقدم في ذاته إجابة عن السؤال الآتي: هل يُعَدُّ مثل هذا الرسم وصفاً كاملاً لنغمة مستمرة إلى ما لا نهاية (نظريّاً)؟، وهل تشتمل هذه النغمة طوال زمن وجودها على هاتين القوتين مع هذين الترددين؟ أم أن هذا الرسم يصور لمحة عابرة تمثل حقيقة أكوستيكية لحظية بين

سلسلة من النغمات المتتابعة - المتقطعة أو المتصلة - ومن ثم تكون هذه اللمحة قد سجلت عَرَضاً في لحظة ساد فيها هذا التكوين الخاص المؤلف من هاتين القوتين مع هذين الترددين؟.

ونحن في استطاعتنا أن نركب شكلاً مناظراً ثلاثي الأبعاد؛ لكي نحتفظ أيْضاً بالبعد الثالث الذي هو الزمن. ولكن نظراً لأن هدفنا هو الوصول إلى آلة تسجل الصوت على مسطح وليس في الفراغ فلا حيلة لنا إلا الرضا برسم بياني ذي بعدين. ومن الواضح أن كمية الزمن ستكون ذات أهمية جوهرية بالنسبة للأصوات التي تتابع في تغير سريع، مثل تلك التي يجري إنتاجها خلال تيار الكلام. ولذلك كان علينا أن نتنازل عن التسجيل الدقيق لواحدٍ من المحددين الآخرين وهما: التردد أو القوة. وهنا سنفضل بوصفنا لسانيين أن نُهْمل تدوين **القوة المطلقة** *absolute power* (وليس **القوة النسبية** *relative power*) مُؤْثِرين ذلك على إهمال تدوين التردد، وذلك للأسباب الآتية:

أولاً: لأن التدريج المطلق للعلو ليس كمية مميزة في اللغة. ولن يكون ذلك كذلك إلا إذا كانت هناك لغة تشتمل على سلسلة من الصوتيمات يختلف معناها المعجمي إذا ما صرخنا بها عن معناها إذا ما نطقنا بها بصوت أقل علو. (ومثل هذه اللغة [المتخيلة] يكون من المحال فيها مثلاً رفع صوت المذياع أو خفضه، وتستلزم من أجهزة الهاتف أن تصدر الكلام بالمستوى الطبيعي للعلو دون تغيير - وهناك فضلاً عن ذلك عقبة كؤود تتمثل في إلزام جميع المتكلمين بأن يجعلوا النطق الواحد للأحداث النطقية الواحدة على مستوى واحد من العلو، وهناك الموقف المضحك الذي ينشأ عن عدم التكافؤ في حدة السمع، وهو أمر لا مفر منه؛ ولذلك يصبح من المحال على إنسان ما أن يجعل نفسه مفهوماً من الجميع في وقت واحد. أضف إلى ذلك أن المتكلم سيكون مضطراً إلى تكييف علو نطقه حسب المسافة التي تفصله عن المكان

الذي يجد السامع فيه نفسه؛ ذلك لأن الذي يحدد وضوح النطق إنما هو علو الإدراك وليس علو إصدار الكلام. وفوق ذلك سيضطر السامع إلى أن يعيد تقدير العلو تبعاً لتقدير المسافة الفاصلة بينه وبين المتكلم).

ثانياً: لأن العلو النسبي - وهو ما يسمى بالنبر *stress* - ليس إلا مميزاً نسبياً في السياق، ولذلك فالقضية ليست هي كمية القوة الموجودة مطلقاً، ولكنها كمية القوة الموجودة زيادة ونقصاً في جزئية ما عند مقارنتها بجزئية أخرى. وسنرى أن في إمكاننا في الوسيلة التصويرية التي نقدمها أن نميز التوزيع النسبي للقوة على الترددات الموجودة دون أن نحتاج إلى إدخال بعد ثالث.

ولقد كانت جميع الوسائل المستخدمة في تصوير الصوت بوجه عام - والصوت اللغوي بوجه خاص - حتى عهد قريب من نوع الرسوم الذبذبية؛ بدءاً من الراسم الذبذبي الكهربي القديم (**الكيموجراف**) *kymograph*[٢٤]، وهو جهاز يتكون من قلم يحركه غشاء، وخطوط محفورة على الورقة الملفوفة المطلية بالسناج على النحو المبين في الشكل (٤). ثم انتهت الرسوم الذبذبية الحساسة التي تعمل **بأشعة كاثود** *cathod ray*[٢٥] (وينبغي أن نلاحظ أن الكيموجراف ينتج تسجيلات بصرية تمثل التنوع في الكمية الكلية لضغط الهواء أثناء النطق. أما الاهتزازات التي تظهر على الشاشة الذبذبية فترسم صورة لحركة جزيء واحد من جزيئات الهواء). ومن الصعب أن نجرد من كل هذه الوسائل التصويرية ما يهمنا من معلومات لسانية؛ وذلك لأن هذه الوسائل تتضمن بحسب طبيعة طريقة صنعها مادة كثيرة لا أهمية لها من المنظور اللساني. ففيها تظهر خاصية «الطوْر» كما أن درجات الصوت عند الأفراد تقوم بدرور كبير في تشكيل الصورة، مع أنها - بطبيعة الحال - غير مهمة في اللغة، حيث لا فرق بالاعتبار اللغوي بين أن يُنْطق الكلام بصوت ذي درجة

عالية أو منخفضة، وبين أن ينطق به صوت رجل أو إمرأة أو طفل. وربما يكون التويع النسبي في درجة الصوت خاصية مميزة على المستوى المعجمي فيما يسمى باللغات النغمية *tone languages* [٢٦]، ولكنه - مثل النبر النسبي - لا شأن له بتجزيء الحدث الكلامي إلى الصوتيمات المكونة له *phonemic segmentation*. أما في اللغات غير النغمية *non - tone languages* فإن التويع النسبي في درجة الصوت يتمثل في التنغيم *intonation*، وهو أيضاً لا شأن له بالتجزيئ الصوتيمي. (وحين يكون الكلام في اللغة النغمية مصحوباً بنمط تنغيمي ما *intonation pattern* يكون الخط البياني الذي يمثل تغير الدرجة المسموعة *audible pitch contour* هو حاصل الجمع بين النغمة والتنغيم، بالإضافة إلى النغمة المفصلية *sandhi*[٢٧] التي لا يمكن تجنبها، ونعني بها تأثير النغمة المجاورة على النغمة التي هي موضوع الفحص. (قارن *sandhi in comparative grammar*).

ويستطيع المرء ببعض التدريب أن يتعلم كيف يتعرف إلى النماذج الشائعة لأشكال التدوين الذبذبي (وهي ما يمكن أن نسميها الصوتيمات الذبذبية *oscillophonemes*)، وأن يعزوها إلى أصوات بعينها من أصوات الكلام (صوتيمات)، ولكنها مهمة صعبة ومحفوفة بالمخاطر. وهناك عيب أكثر خطورة؛ ونعني به استحالة إجراء عدد كبير من التجارب ذات القيمة اللسانية بآلات الرسم الذبذبي، واستحالة عمل مقاييس دقيقة لمحددات معينة لها قيمتها في الكلام؛ إننا إذا أردنا الوفاء بهذا الغرض فعلينا أن نتيقن من أن هذه المحددات لم يعرض لها تشويش أو تزييف في تدوينها - على النحو المعهود في الرسوم الذبذبية - نتيجة إقحام عناصر غير ذات قيمة من الوجهة اللسانية. لذلك كان هذا النوع من الأجهزة في يد علماء اللسانيات مناسباً للشرح والتوضيح في المقام الأول لا للبحث الذي يستهدف الفحص الكمي. إن الرسوم الذبذبية تدعم المعلومات التي نجمعها بطريقة انطباعية

عن أصوات الكلام، ولكنها أقل الوسائل فيما تعطي من مادة قريبة التناول ووثيقة الصلة بالوجهة اللسانية - أما الآلة التي سأشرع الآن في وصفها فتعطينا رسماً يشتمل على المعلومات التي يزودنا بها الشكل (١١)، ولذلك تسمى المطياف *sound spectrograph*، وهي تزودنا بهذا الرسم عن طريق إجراء تحليل توافقي يناظر من جهات كثيرة ذلك التحليل الذي تجريه آلية السمع ومراكزه العصبية عند الإنسان. ولكن قبل أن نصل إلى وصف هذه الآلة يلزمنا قليل من الملاحظات التقنية التي نمهد بها لما نريد.

* * *

الفصل السابع

الرنين والتقوية

لنفترض أن معي في إحدى الغرف ثلاث شوكات رنانة في حالة سكون،وأن درجاتها الطبيعية (أي الترددات التي تصدرها إذا طُرِقت) هي ٢٠٠ ذ/ث و ٣٠٠ ذ/ث و ٤٠٠ ذ/ث. ولنفترض أنني طرقت شوكة رابعة درجتها ٣٠٠ ذ/ث - فإن الشوكة الرابعة - حينئذ لن تصدر صوتاً بنفسها فقط ولكنها ستوصل اهتزازاتها إلى تلك الشوكة الساكنة التي درجتها ٣٠٠ ذ/ث، على حين تظل الشوكتان الأخريان دون تأثر. وهذا الاهتزاز التجاوبي *sympathetic vibration* يطلق عليه مصطلح الرنين *resonance*، كما يطلق على الشيء الذي ينشط بتأثير من هذه الاهتزازة مصطلح الجسم المرنان *resonator*.

وربما تشتمل الغرفة على أسطح وأشياء وتجاويف هوائية يكون ترددها الطبيعي ٣٠٠ ذ/ث، ومن ثم ستأخذ هذه كلها في الاهتزاز، غير أن استجابتها وحساسيتها - خلافاً لاستجابة الشوكة وحساسيتها - ستكون على الأرجح جد ضئيلة، حتى إن اتساع اهتزازتها التجاوبية لن تحدث صوتاً يكون في علوه ومدته كافياً لأن تدركه أذن الإنسان.

والجسم المرنان لا ينشط بعد وقت قصير من نشاط الجسم الذي هو مصدر الرنين *sonator* فحسب، ولكن حركته أيضاً تكون كحركة البندول، حيث تستمر إلى فترة بالطاقة المختزنة حتى بعد أن يكف المصدر الأول عن إمداده بالطاقة. ومن ثم فإن الشوكة التي تعمل بوصفها جسماً مرناناً تظل تعمل لفترة بعد توقف الشوكة المطروقة، ولكنها دائماً تعمل بمستوى قوة أقل من

مصدر الصوت الأصلي، ويرجع هذا النقص إلى الطاقة المفقودة في عملية الانتقال، وفي الآلة نفسها ولا سيما أثناء الاحتكاك الذي تبدد به الطاقة كالحرارة.

وينبغي ألا يختلط الرنين بالترجيع *reverberation* (أو الصدى *echo*)، الذي هو انعكاس أو ارتداد لموجات الصوت الأصلية بعد اصطدامها بسطح غير ماصّ، وليس تنشيطاً لجسم مهتز إضافي. إن الترجيع لا وجود فيه لطاقة مختزنة، ولا تمتد المدة الزمنية للصوت فيه إلى ما بعد العملية التي يقوم بها مصدره إلا إلى المدى الذي تصطدم فيه أذن السامع بالموجات المُصَنّدية، ويكون ذلك بعد فترة زمنية تتناسب مع المسافة التي عليها أن تقطعها من المصدر إلى السطح العاكس، ثم من السطح العاكس إلى الأذن. ولأن الموجات غير المنعكسة تصل إلى السامع بسرعة أكبر من سرعة الموجات المنعكسة لذلك نجد السامع يدرك الصوت بالفعل مرتين، بل أكثر من مرتين إذا كان هناك صدى مضاعف. وتتطلب قاعات الاستماع إلى الموسيقا ودور الأوبرا بالفعل قدراً معيناً من الترجيع، كما يمكننا عند تحديد الخصائص الأكوستيكية لأي غرفة أن نتجنب الترجيع عن طريق تغطية جدران الغرفة عادة بمادة ماصَّة «كاتمة»، على نحو ما يجري عادة في «استوديوهات» الإذاعة والتسجيل الصوتي، أو في المختبرات التي تجري فيها التجارب الأكوستيكية.

ولنعد إلى شوكتنا التي تقوم بعمل الأجسام المرنانة *resonators*، فربما يسأل سائل: هل يمكن أن يستجيب الجسم المرنان لشوكة ترددها ٣٠٠ ذ/ث إذا كان تردده هو ٦٠٠ ذ/ث؟ لقد ذكرت من قبل أن الخاصية التي تجعل من الشوكة موضع اهتمام الموسيقيين الراغبين في ضبط آلاتهم هي أنها بطرقة واحدة تنتج نغمة تستمر مدة طويلة دون أن يَعجُل إليها الضعف، كما ذكرت بالإضافة إلى ذلك خاصية أخرى هي أن نغمة الأساس التي تنتجها ذات قوة

عظيمة، وينتفي منها أي وجود فعلي لنغمات عليا مهمة تقوم بتعديل نغمة الأساس، باستثناء قليل من النغمات التوافقية الضعيفة. ومن هنا فالشوكة التي تهتز بتردد ٣٠٠ ذ/ث ربما تنتج - وهو احتمال بعيد - نغمة توافقية بتردد ٦٠٠ ذ/ث تكون بالغة الضعف حتى إن الجسم المرنان الذي تردده ٦٠٠ ذ/ث لا يستجيب لها استجابة مسموعة. وللسبب نفسه يمكن أن تستجيب الشوكة المثالية بالرنين لترددها الأساسي المحدد فقط، بل إن الشوكة الرنانة التي هي دون ذلك من حيث المثالية لن تكون جسماً مرناناً كفؤاً بالنسبة للترددات التي تخالف نغمتها الأساسية. أما إذا أجرينا التجربة مع جسم يهتز وهو غني بالنغمات العليا القوية - وذلك كوتر من أوتار الكمان مثلاً - فحينئذ تكون هناك فرصة لقيام الوتر الذي تردده ٣٠٠ ذ/ث ببث نغمة توافقية قوية ترددها ٦٠٠ ذ/ث، وأن تكون هذه النغمة كافية لإحداث رد فعل لدى أي جسم رنان ذي حساسية كافية إذا كان تردده هو ٦٠٠ ذ/ث.

ترينا التجارب - إذن - أن أي جسم أو كتلة من الهواء المحبوس في تجويف ذي شكل وحجم معينين (كأن يكون في زجاجة مثلاً أو في تجويفي الفم والأنف) يمكن أن يُحمَل على الاهتزاز، وأن تُصدِر صوتاً بتردده الطبيعي إذا قام مصدر قوة خارجي مباشرة بتحريكه. ولا يقف الأمر عند هذا الحد بل إنه يفعل ذلك إذا ما تعرض لموجات صوتية تعمل بهذا التردد نفسه، شريطة أن تكون طاقة هذه الموجات في لحظة حدوثها كافية للتأثير. ونقول - بعبارة أخرى - إن هذا الجسم أو هذه الكتلة الهوائية يمكن أن يُحمل كلاهما لا على إصدار الصوت فحسب بل كذلك على استقبال الصوت والاستجابة له أو باختصار - على أن تكون جسماً مرناناً *resonator*.

ونحن إذا تخيلنا النغمة الحنجرية ذات التركيب البالغ التعقيد وهي تدخل إلى تجاويف أعضاء النطق الواقعة فوق الحنجرة - تبين لنا بوضوح أن في

إمكان نغماتها التوافقية - التي هي ذات نصيب وافر من القوة - أن تحمل ما يصادفها من تجاويف الهواء - التي تكون على درجة ملائمة من الانسجام معها - على أن تستجيب بالرنين بقوة كافية. إننا نعلم الآن أن النغمة الحنجرية تشتمل على عدد عظيم من التوافقيات، وأن كثيراً من هذه التوافقيات يتمتع بنصيب وافر من القوة. ونعلم من جهة أخرى أن أحياز الهواء في التجاويف يمكن تعديلها بحيث تتخذ ضروباً من الأشكال والأحجام بفضل مرونة أعضاء النطق، كما أن المتكلم قادر على أن يغير من هيئات هذه الأحياز كيف يشاء. لذلك كان من الممكن تشكيل الهواء في هذه الأحياز بحيث يكتسب في تتابعات سريعة عدداً بالغ التنوع من الترددات الملازمة له حيث يستجيب لها بالرنين؛ ويتمثل نشاط المتكلم في التوفيق بين التجاويف الرنانة وبين نغمة أو عدة نغمات توافقية في النغمة الحنجرية؛ وأعني بذلك أن يتمثل النشاط في تشكيل تجاويف ذات شكل وحجم معينين يمكن أن تقوم بالرنين إذا نشطتها نغمة أو عدة نغمات توافقية مما تشمل عليه النغمة الحنجرية. وهكذا ينشأ عن كل رنين يتولد من النغمة الحنجرية تغيير في الرسم الذبذبي، أي في صورة الموجة «البروفيل»؛ أي في التكوين الطيفي، وهذا يعني - باختصار - حدوث تغيير في نوعية النغمة الحنجرية. ويترتب على ذلك أن النغمة التي تصدر في نهاية المطاف عن الفم ربما يكون التغيير قد لحقها بصورة كبيرة وفعالة بسبب ما يطرأ عليها من تعديلات فيما فوق الحنجرة، أو هي - من الوجهة النطقية - بحسب وضع أعضاء النطق. ومن الواضح كل الوضوح أن الصوائت المختلفة *vowels* في أي لغة تدين بخصائصها - بقطع النظر عن درجة الصوت - إلى تنوعات النطق فيما فوق الحنجرة.

وبالإضافة إلى ما سبق تجري أيضاً خلال هذه التجاويف تقوية الترددات التي خضعت للرنين. ولكي نشرح ظاهرة التقوية *reinforcement* سنجري التجربة مرة أخرى على شوكة رنانة مطروقة. إننا إذا وضعنا جذع هذه الشوكة

فـوق صندوق مـجـوف فـريمـا نزيد من العلو الذي تعـمل به، أي أن نزيد من قوتهـا. وفي هذه الحال يكون مـا نكسبـه من حيث اتسـاع الاهتزازة على حساب ما نفقده من مدتها؛ فالشوكة التي وضعت على هذا النحو لتقويتها ستكف عن العـمل بأسـرع من الشـوكة التـي لم تتعـرض لهذه التـجـربة. ولا يمـكن أن يكون الأمر على خلاف ذلك، ذلك أن السبب في زيادة اتسـاع الموجة ينبغي أن يكون سببـه هو حـدوث تغيـر مـا في الطريقـة التي استـخدمت بهـا **الطاقة الكليـة المُـدْخلة** *input energy*. ولمـا كـانت الطاقـة المُـدخلة مـسـاوية للطاقـة التي انتقلت إلى الشـوكة عند طرقهـا، ومن ثم فـلا وجـود لأي طاقـة أخـرى أضيـفت إليهـا - لذلك فـإن أي زيادة فـي أي جـزء من **الطاقة المُخرَجـة** *output energy* لا يمكن أن تحـدث إلا على حسـاب النقص في جزء آخـر؛ وبعبـارة أخرى نـقول: إن الطاقة الكلية المخرجة لا يمكن أن تكون أكبر من الطاقة المدخَلة(٢٨).

إن تجـاويف مـا فـوق الحنجـرة تمـثل لدينا الآن هذه الغـرف المـقـوية (كمـا تفـعل أجـواف الطبـول وصناديق آلات الكمـان)، وفـي هذه الـغـرف يقـوى اتسـاع الاهـتزازة بالنسبـة للتردد الأصلي وللتـردد الذي استجـيب له بالرنين، وليس ثمة عـواقب ذات تأثيـر على الكلام أو الغناء نتيـجة نقص المـدة، وذلك لأن الطاقـة المـدخلة التي تـنشـأ عن النشـاط العـصبي الإرادي للمـتكلم أو المـغـني يمكن أن تستمر أو تتكرر بحسب رغبة أيٍّ منهمـا. وهـذا الأمـر شبيـه بأن تطرق الشـوكة الرنانة طرقـاً مـتـتابعـاً أثناء وضعـهـا فوق الصندوق حـتى تواصل استـعادة طاقتهـا قـبل أن تنفـد تمـامـاً. ولهـذا الـسـبب أيضـاً يمكن أن يشـتـمل التكويـن الطيـفـي للنغـمـة الحنجـرية على تردد ضـعيـف نسـبيـاً في قـوته، ومـع ذلك يمكن أن يعـاد تشكيله - بفضل التقـوية - بحيث يكتسـب الرنين على مسـتوى أعلى من حيث القوة.

وينبغي أن ننبـه إلى أن مصطلحي «الرنين» و «غـرف الرنين» يسـتـخدمـان

بحيث - يخصان - مجتمعَيْن أو منفردين - الرنين والتقوية. وسنتفق هنا على الفصل بينهما بحيث نخص بالرنين مسائل التكوين التوافقي أو نوعية النغمة، وبالتقوية مسائل القوة أو العلو، ولما كانت نوعية الصوت في تحليل أصوات الكلام مُحدِّداً له أهميته، على حين أن القوة (المطلقة) محددٌ غيرُ مهم - لذلك ستكون الخصائص الناشئة عن الرنين فيما يلي من مناقشاتنا أعظم أهمية إلى حد كبير من تلك التي تتعلق بالتقوية.

وهكذا يقوم المتكلم في أي لغة بتشغيل جهاز هو فوق المعتاد من حيث تعقده وحساسيته. وهو يستطيع بهذا الجهاز أن ينتج الواناً من الأداء الصوتي والأكوستيكي على درجة عظيمة من التنوع. ولقد سبق أن ذكرت أن أي لغة من اللغات لا تختار أو لا تستخدم من بين هذا التنويع المحتمل إلا عدداً محدوداً من الفئات أو الصوتيمات. والعزف على هذه «الآلة» صعب جداً، أو يكون -بالأحرى - صعباً جداً لو أن المتكلم اضطر إلى القيام بجميع أفعاله النطقية بوعي وجهد. والحاصل - بديلاً لهذا - أن المتكلم يتدرب خلال سنوات الطفولة على تمكين أعضاء النطق لديه من عدد من الأوضاع النطقية المنتجة لفئات الأصوات التي هي الصوتيمات في لغته الوطنية. إنه يتعلم هذه المنظومة من الكيفيات النطقية، وتصير إلى حد كبير جزءاً من سلوكه بحيث يستخدمها تلقائياً ودون استبطان، حتى يصبح من الصعب عليه أن يكتسب منظومة أخرى من صوتيمات لغة أجنبية جديدة ومخالفة للغته الوطنية. وتبلغ الصعوبة مداها بالنسبة لمن تعدت أعمارهم الثانية عشرة إذا قسنا ذلك بتحصيل أنواع جديدة من أنماط السلوك غير اللغوي، كأن يمارس الإنسان الأكل أو الملبس طبقاً لقواعد جديدة.

وتكييف النغمة الحنجرية في تجاويف ما فوق الحنجرة ليس مسؤولاً عن إنتاج جميع الأصوات في أي لغة سواء كانت المسؤولية جزئية أو كلية؛ ذلك

أنه حين تنعدم النغمة الحنجرية تقوم بصنع الصوت تجاويف أخرى لا تقل تعقيداً عما سبق. وتشكل الأصوات - التي تنتج كلياً أو جزئياً بواسطة ألوان الرنين فيما فوق الحنجرة - فئة قائمة بنفسها هي **الأصوات الرنانة** *resonants* (تمييزاً لها من **الأصوات الاحتكاكية** و *fricatives* **والانفجارية** *plosives* **غير الرنانة** *non - resonants*)، وتشمل هذه الفئة ما شاعت تسميته **بالصوائت** *vowels* (**وأنصاف الحركات** *semi - vowels*) **والانطلاقيات الأنفية** *nasal continuants* **والترددية** *trills* **والمنحرفة (الجانبية)** *laterals*.

* * *



الفصل الثامن

الاضمحلال

ليس هناك وجه شَبَه جامع - على أي حال - بين الشوكة الرنانة المثالية من جهة، وبين الأجسام الرنانة *sonators* والأجسام المرنانة *resonators* في جهاز النطق من جهة أخرى؛ فهذه الأجسام لا تقتصر في إنتاجها على التردد الدقيق لكل نغمة من نغمات الأساس أو النغمات العليا، وشأنها في ذلك هو شأن جميع الأجسام الرنانة والمرنانة الموجودة في الطبيعة. إن تردد أي نغمة من هذه النغمات يُشكِّل ذروة من ذرى القوة *power peak*، ولكن هذه الذروة تكون مصحوبة بعدد من الترددات الثانوية - يقل أو يكثر - ويقع مباشرة حول المستوى الخاص بتردد هذه النغمة: فوقه أو تحته.

ولكي نفحص الظروف الخاصة بهذه الظاهرة وأهميتها علينا أن نحول شوكة رنانة مثالية إلى شوكة تعمل بهذه الطريقة الخاصة، ويمكن أن يتم ذلك في يسر إذا نحن ضغطنا قطعة من القطن الطبي بين ذراعيّ الشوكة قبل طرقها. وتسمى هذه العملية: **الاضمحلال** *damping*، كما يسمى الصوت الناتج عنها صوتاً مضمحلاً *a damped sound*.

ولهذا التغير تأثيران مهمان من حيث الخصائص الأكوستيكية والرسم الذبذبي على الموجة الصوتية التي تنبعث حينئذ من الشوكة:

الأول: أن الاضمحلال يعجل إلى حد كبير بسرعة نقصان اتساع الذبذبة، حتى إن الشوكة ربما تكف عن إصدار صوت مسموع بعد زمن ضئيل يقارب نصف الثانية (وهكذا تصبح هذه الشوكة - بقطع النظر عن نوعية الصوت الذي تصدره الآن - عديمة الجدوى بالنسبة لضبط الآلات الموسيقية).

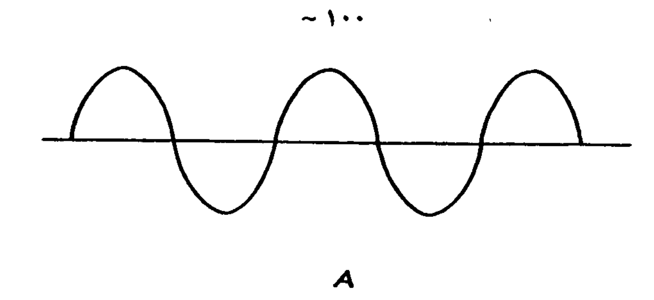
ويَظّهر في الشكل (١٢) ثلاثة رسوم ذبذبية لشوكة رنانة في حالة اهتزاز:

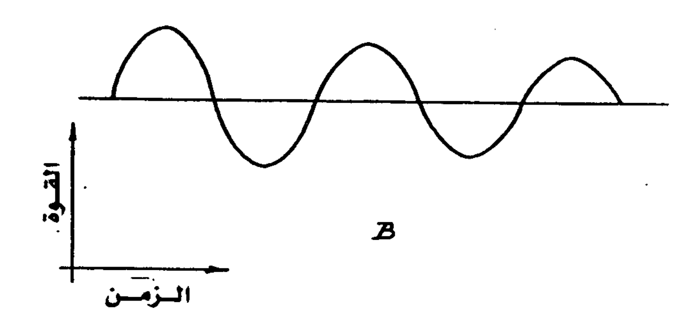
(أ) عندما تكون الشوكة عادية ومثالية تقريباً.

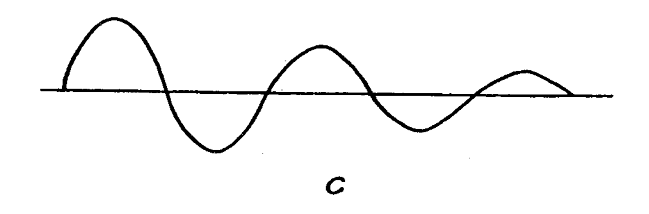
(ب) عندما تكون مضمحلة.

(جـ) عندما تكون أكثر اضمحلالاً.

الثاني: ينشأ عن ذلك أن الاضمحلال يعيب مثالية الشوكة من حيث الترددات. وهو بهذا يولد عدداً من الترددات الثانوية تقع فوق التردد الطبيعي وتحته (ولا يظهر هذا الأمر في الشكل ١٢)، (وإن كان الاضمحلال - على أي



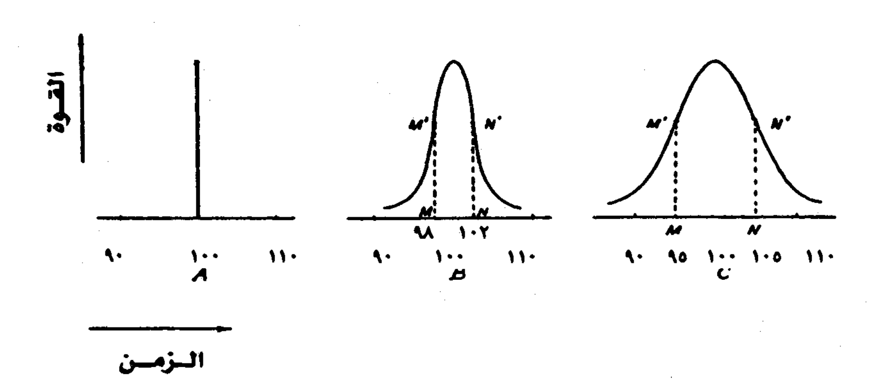




شكل ١٢ .
رسم ذبذبي
لصوت مضمحل

حال - لا يضيف نغمات توافقية جديدة للنغمة التي ينتجها الجسم عادة في حالة اهتزازه). ويمكن أن تقع الترددات الجانبية - من الوجهة النظرية والمثالية - في أي نقطة ما بين الصفر واللانهاية. أما من الوجهة العملية فإنها تقع في نطاق أضيق. وتتجمع هذه الترددات حول نغمة الأساس (أو أي نغمة عليا إن وجدت). ويتم هذا التجمع بطريقة تكون فيها الترددات القريبة من ذروة نغمة الأساس (أو النغمة العليا) هي الأقوى، إلا أن قوتها تتناقص تناقصاً سريعاً وواضحاً بمقدار بعدها عن الذروة.

ويتسم تأثير الترددات الثانوية على نوعية النغمة الموسيقية بأنه ضئيل على وجه العموم. ويرجع السبب في ذلك إلى ضعفها من جهة، وإلى أنها - من جهة أخرى - ليست نغمات عليا لأنها ليست مضاعفات لنغمة الأساس. غير أن الآلات الموسيقية يمكن أن يتم تركيبها أو تزويدها بقطع إضافية بحيث تبث نغمات مضمحلة ذات خصائص متميزة. أما في أصوات الكلام فتكون الترددات الثانوية الناشئة عن الاضمحلال ذات قوة تكفي ليكون لها أثرها الملحوظ على نوعية النغمة.



الشكل ١٣ . تكوينات طيفية لصوت مضمحل

ويعرض الشكل (١٣) ثلاثة تكوينات طيفية لثلاث نغمات تختلف من حيث درجة الاضمحلال، وتناظر الرسوم الذبذبية الثلاثة في الشكل (١٢). (وإن كنا لم نبذل أي محاولة لالتزام الدقة الرياضية في الرسم). إن الرسوم الذبذبية تبين علاقة «الزمن - القوة»، وتوضح على محور الزمن ما يطرأ على القوة من تناقص نتيجة تأثير الاضمحلال. أما الرسوم الطيفية فتبين علاقة «التردد - القوة»، وتوضح وجود الترددات الثانوية في حالة تجمعها حول الذروة بسبب الاضمحلال.

وقد جرى تركيب التكوين الطيفي في الشكل (١٣ A) بطريقة تطابق تماماً التكوين الذي في الشكل (١١)، إذ إنه لا يختلف عن الأخير إلا في اشتماله على مكون واحد بدلاً من مكونين اثنين؛ أي أن القوة فيه تقترن بتردد واحد فقط، وهو ما نتوقعه من شوكة مثالية. وفي التكوينين الطيفيين (١٣ B) و (١٣ C) ينبغي أن يُكتنَف التردد الأساسي للشوكة المضمحلة الحالية من كلا جانبيه الأعلى والأدنى [على سلم الترددات] بعدد لا نهائي من الترددات الثانوية. وتتناقص قوة هذه الترددات الثانوية تناقصاً سريعاً على جانبي التردد ١٠٠ ذ/ث. وبدلاً من أن نرسم جميع هذه الترددات أو بعضها على هيئة خطوط عمودية اكتفينا بتوصيل أطرافها العليا على شكل **مُنحنى غطائي** *envelope curve* يطلق عليه بوجه عام مصطلح **المنحنى الرنيني** *resonance curve* أو **المنحنى الطيفي** *spectrum curve*.

ومن الممكن إضعاف تأثير الاضمحلال أو إبطال مفعوله من حيث الاتساع والتردد كليهما إذا استمر تحريك مصدر النغمة بواسطة مصدر قوة خارجي، وبهذه الطريقة نمنع القوة الذاتية للجسم الرنان من أن تتناقص. ومثال ذلك ما يحدث لبندول الساعة، إذ يتم إبطال مفعول الاضمحلال فيه بسبب القوة المستمرة التي يمدها بها الزنبرك؛ فالاحتكاك لن يوقف الساعة

مادامت معبأة. ويعد تيار الهواء الصادر من الرئتين مثلاً لهذا النوع من مصادر القوة، ولذلك يمكن تنحية أثر الاضمحلال الذي تفرضه الخصائص التشريحية للشفتين الصوتيتين على النغمة الحنجرية، ومن ثم يمكننا أن نَعُدّ النغمة الحنجرية غير مضمحلة من حيث الأصل، وهذا هو ما فعلته حتى الآن. غير أن التجاويف المقوية أو المرنانة لا تحركها قوة مستمرة بهذه الطريقة، وهي التي تمنح الصوت الكلامي نصيباً كبيراً من نوعيته الأكوستيكية المدركة. ومن هنا تخضع أصوات الكلام في الصورة الأخيرة التي تصدر بها من الفم أو الأنف لتأثير الاضمحلال، كما تخضع له رسومها الذبذبية والطيفية. ولذلك إذا أنجزنا تمثيلاً مرئيّاً لأصوات الكلام وأردنا تحقيق التناظر بين هذا التمثيل والشكل الأكوستيكي الذي تصل به هذه الأصوات إلى أذن السامع - فعلينا أن نشكل هذا الرسم تشكيلاً يتضح فيه أثر الاضحلال؛ أي أن هذا الرسم ينبغي فيه أن يبين لنا المجال (أو المجالات) الترددية التي يقع في نطاقها الاضمحلال. إن على الرسم الطيفي - بعبارة أخرى - أن يتضمن معلومات تتعلق بتأثير الاضحلال على توزيع التردد في النغمة المركبة.

وحين يكون الجسم المرنان مضحملاً فإن منحنى الرنين لا يصل نظرياً إلى نقطة الصفر مطلقاً، كما أن المفروض - نظرياً - أن كل الترددات الواقعة حول الذروة المركزية هي ترددات موجودة في تكوين الصوت. إن منحنى الرنين يدنو مقارياً للصفر، ولكن مستوى القوة لا يصل إلى الصفر مطلقاً، ولذلك فإن المسافة التي يحتلها عرض المنحنى الرنيني *breadth* بالنسبة لكل منحنى من منحنيات الرنين لا نهاية لها.

غير أن قوة الترددات التي تكون بعيدة من المركز لا متناهية في صغرها، ومن ثم يمكن إهمالها أكوستيكيّاً - ولذلك قام العلماء بوضع حد صالح

للأغراض العملية يتحدد على أساسه العرض المؤثر في هذه المنحنيات. ويقاس هذا العرض بالذبذبة في الثانية، ويتم على النحو الآتي:

نبدأ أولاً بتحديد أقصى اتساع لذروة التردد المركزي، ثم تُحدَّدُ نقطتان على جانبي التردد المركزي بحيث يكون الاتساع في كل منهما يساوي اتساع التردد المركزي ٠,٧٠٧ مرة. وتسمى هاتان النقطتان **نقطتي منتصف القوة** *half power points*. وتتناسب القوة في كل نقطة منهما مع مربع الاتساع. (ومربع ٠,٧٠٧ يساوي ٠,٤٩٩٨٤٩ أي النصف تقريباً[٢٩]). وفي الشكل (١٣ B) تقع هاتان النقطتان عند الترددين ٩٨ ذ/ث و ١٠٢ ذ/ث. ولذلك فإن عرض المنحنى الرنيني - أو كما يسمى أيضاً **عرض الحزام الرنيني** *band width* هو ٤ ذ/ث، ويقابل ذلك في الشكل (١٣ C) الترددان ٩٥ ذ/ث و ١٠٥ ذ/ث، حيث يساوي عرض الحزام الرنيني ١٠ ذ/ث. (وننبه مرة أخرى إلى أننا لم نحاول التزام الدقة الرياضية في عمل الرسوم التوضيحية).

وكلما زاد الاضمحلال زاد معه عرض الحزام الرنيني. وإذا زاد الاضمحلال بدرجة كافية أدركه السامع في صورة **غلظ في الصوت** *blunting of the sound*. أما التأثير العكسي وهو التقليل من غلظ الصوت فيسمى **ترفيع الصوت** *sharpening* أو إكساب الصوت صفة الحدة. وَحِدَّةُ الصوت لا غِلظُه هي الأقرب إلى أن تكون إحدى خصائص الصوت الغنائي المدرب الجيد. وعلى المغني حينئذ أن يتعلم كيف يُنَحِّي تأثير الاضمحلال قدر طاقته، وهو التأثير الذي تسهم به التجاويف والعوائق الموجودة في منطقة ما فوق الحنجرة.

* * *

الفصل التاسع

الترشيح

يمكن أن نُشكِّل منظومة من الشوكات الرنانة التي سنستخدمها بوصفها مصادر للرنين، وأن نصل كلاً منها بنوع ما من أجهزة القياس على النحو المبين في (الشكل ١٤). وتعمل الشوكات الموجودة في الرسم الذي نورده بفاصل ترددي بين كل منها مقداره ٥٠ ذ/ث. ومن الممكن - بطبيعة الحال -

الشكل ١٤ . مرشحات

أن نزيد أو نقلل من مقدار الفواصل الترددية، وأن نضع مزيداً من هذه الشوكات الرنانة بالعدد الذي نريده عبر المجال الكلي للترددات، وبالعرض الذي نريد. ولنتخيل بعد ذلك أننا قمنا بتوصيل كل جهاز من أجهزة القياس

بقلم يترك أثراً مرئياً عند تنشيط الجهاز؛ بحيث يستمر التدوين طوال مدة الإثارة تقريباً. (وأنا أقول: «تقريباً» لأن الطاقة المخزونة في الجسم المرنان ستجعل الإثارة تمتد إلى ما بعد توقف نشاط مصدر الرنين، ولكن بسرعة متناقصة وقوة أقل). ولكي نحصل على عنصر الزمن فإني سأقوم بما قمت به من قبل (انظر الشكل ٤)، وهو أن أحرك الورقة تحت الأقلام بسرعة منتظمة من اليمين إلى الشمال. والآن لنتخيل أننا أصدرنا صوتاً هو نغمة مركبة فإن كل شوكة يكون ترددها موافقاً لتردد موجود في الصوت ستقوم بدور الجسم المرنان الذي يستقبل المثير، ويضفي عليه صفة الدوام، ويستوي في ذلك أن يكون هذا التردد نغمة أساس أو نغمة عليا تدخل في تكوينها الترددات: ١٠٠ ذ/ث و ٢٠٠ ذ/ث و ٣٥٠ ذ/ث و ٤٥٠ ذ/ث. إن أجهزة القياس في الشوكات المناظرة ستستجيب طوال مدة الإثارة على نحو يتساوى تقريباً مع القوة التي استقبلتها، وسيظهر المدى الزمني للإثارة عن طريق طول الأثر الذي يتركه القلم على سطح الورقة المتحركة. ويمكننا - إذا ما أردنا - أن نُفَسِّر كمية القوة تبعاً لمدى ضغط القلم على الورقة، حيث ستزيد درجة القتامة في لون الخطوط كلما زادت القوة. وبينما يكون في الإمكان أن نستقرئ الترددات عن طريق سلم الترددات، وأن تقاس المدة الزمنية بالبوصات، ثم تترجم إلى ثوان - سنجد من الصعب أن نحصل على قياس كمي للقوة عن طريق استقراء درجة القتامة في لون الخط. إن الحصول على قراءة لهذه الكمية ممكن إذا قسنا درجة قتامة اللون ببعض وسائل التصوير الحساسة (التي تشبه مقياس الضوء عند المصورين)، ولكن ذلك سيتطلب عملية معقدة، ويبقى وارداً ألا يعطي هذا الأمر نتائج أكوستيكية دقيقة قابلة للتفسير. غير أن هذا القصور لا ينبغي أن يكون مصدر إزعاج لنا عند تحليل الكلام، وذلك لأن الكمَّ المحض بالنسبة للقوة لا قيمة له في تحليل الكلام، وهو ما سبق أن أوردته في ملاحظة سابقة.

إن كل جسم من الأجسام المرنانة في هذه السلسلة من الشوكات سيستخلص حينئذ من النغمة المركبة تردده الخاص به، وحين يُستخدَم جسمٌ مرنان لهذا الغرض فهو يؤدي وظيفة **المرشِّح** *filter* .

وبما أنني الآن قد استخدمت شوكات رنانة (مثالية) فإن كل شوكة منها قابلة لترشيح تردد واحد فقط، أي التردد الذي يمكنها إنتاجه، وحينئذ ينعدم وجود الترددات الأخرى فيما يتعلق بهذهِ المنظومة من الشوكات على وجه التحديد. وإذا أردتَ - على سبيل المثال - أن تُرشِّح النغمة التي سبق ترشيحها (المكونة من ١٠٠ ذ/ث و ٢٠٠ ذ/ث و ٣٥٠ ذ/ث و ٤٥٠ذ/ث) وأن تُسجلها على صف من الشوكات الرنانة يجري تنظيمه بحيث يفصل كلاً منها عن الأخرى ١٠٠ ذ/ث ابتداءً من الصفر - فإنك ستحصل على تسجيل للنغمتين المكوِّنَتين ١٠٠ ذ/ث و ٢٠٠ ذ/ث، وستمضى المكونتان ٣٥٠ ذ/ث و٤٥٠ ذ/ث دون أن تلاحظا. ومن الواضح أن النتيجة المدونة في النهاية ليست - بحال - تحليلاً صادقاً للنغمة. ولو علمنا سلفاً - بطبيعة الحال - ما تشتمل عليه النغمة المراد تحليلها من ترددات لأمكن أن نُعنى باستخدام المرشحات ذات الفواصل والترددات الملائمة. ولكن هذا في الحقيقة يعني أن نضع العربة أمام الحصان، وذلك لأن الغاية من أي تحليل في نهاية المطاف هو اكتشاف الترددات المكوِّنة التي تشتمل عليها النغمة المركبة.

وينطوي استخدام مرشحات من نوع الشوكات المثالية على مظهر آخر من مظاهر القصور ستكون له خطورته إذا ما حللنا به موجة من النوع الذي لا يصدر عن شوكة مثالية أو آلة شبيهة بها. وليس هناك وجه شبه على الإطلاق بين أصوات الكلام خاصة وبين الأصوات التي تصدرها الشوكات الرنانة، وذلك لأن أصوات الكلام - وهي موجات مضمحلة - لا تتحدد نوعية الصوت فيها بنغمة الأساس أو مضاعفاتها فحسب[٣٠]، ولكنها تتحدد أيضاً بالترددات

التي يتكون منها عرض الحزام الرنيني الخاص بكل تردد يدخل في تكوين أصوات الكلام. ومن الواضح أن أي ترشيح يتجاهل هذه الإسهامات في تركيب أصوات الكلام فيمنحنا تسجيلاً مرئياً لا تظهر فيه هذه الإسهامات - أيّاً ما كانت - هو ترشيح غير مقبول، وربما كان عديم القيمة فعلاً.

ولذلك سيكون من الضروري أن نركب جهازاً يسجل خصائص الكلام بواسطة أداة ترشيح مناظرة للأداة التي في الشكل (١٤)، أي بمرشحات مِرّنانة حساسة للاضمحلال، وستكون هذه المرشحات من الأجسام الرنانة التي تنتج بذاتها أصواتاً مضمحلة، إذا ما استخدمت لتكون مصادر للنغمات. والمرشح الذي يكون من هذا النوع لا يكتفي بأن ينشط متأثراً بذروة التردد في كل نغمة مضمحلة داخلة في تكوين النغمة المركبة، ولكنه يتجاوز ذلك إلى التأثر بالترددات الجانبية الأخرى الواقعة خلال الحزام الرنيني في تركيبها الطيفي. ونستطيع أن نلبي هذه المتطلبات إذا استخدمنا عدداً من المرشحات يكون كبيراً وكافياً لتحقيق ما نريد. ويجوز أن تكون من النوع غير المضمحل بحيث يفصل كل مرشح عن الآخر ١ ذ/ث. غير أن ذلك سيتطلب آلة ذات نسب مزعجة للغاية، تزدونا برسوم ضخمة. ولكنّ هناك طرقاً أيسر يمكن بها تخطي هذه الصعوبة، وسأتناولها بالحديث فيما بعد.

* * *

القسم الثاني

الصوتيات والصوتيميات

الفصل العاشر

النُّطــق

صـار لدينا الآن منظومـة من المعلومات المهمـة فيمـا يتصل بالنظرية الأكوسـتيكيـة. ولم يكن الهدف من مناقشة تلك الظواهر أن نقدم نظرية في الدرس الأكوستيكي بقدر ما استهدفنا توضيح الدور الذي تمارسه في التحليل الطيفي لأصوات الكلام، ونَعْني بهذه الظواهر: التصوير الذبذبي بوجه عـام والرنين والتقوية والاضمحلال والترشيح. ونحن الآن جاهزون لتطبيق مـا حصلناه من المعرفة على التصوير الطيفي. وسأصرف الجانب الأكبر من مناقشتي - بعد إيراد بعض الملاحظات العامة - إلى الصوائت *vowels* التي هي أوفر الأصوات الرنانة حظاً من الرنين إذا جاز التعبير. وأما أصوات الكلام الأخرى الرنانة وغير الرنانة من غير طائفة الصوائت - فهي جميعها سواء من حيث قابليتها للتحليل الطيفي، غير أن إصدار هذه الأصوات تشارك فيه أعضاء أخرى متحركة غير الشفتين الصوتيتين، وتجاويف هوائية أخرى غير تجاويف الرنين. كذلك تشتمل الأصوات غير الرنانة على الضجة الخالصة في حالة النطق بالانفجاريات والاحتكاكيات غير المجهورة. ومن ثم فإن الصور الطيفية للأصوات غير الرنانة ستكون مؤسسة على الصور الذبذبية ذات الموجات غير الدورية *non - periodic* وغير المكرورة *non - repetitive* وهو أمرٌ لم أناقشه بعد. ومن المهم - بطبيعة الحال - أن يكون الممارس للتحليل الطيفي على خبرة بالسلوك الأكوستيكي والإدراكي والصور الطيفية لكل هذه الأصوات أيضاً. غير أن هدفي مقصور على تمهيد مبادئ

التصوير الطيفي للقارئ، ولذلك سأختار أمثلتي ورسومي التوضيحية في الأساس من أكثر أنواع الأصوات القابلة للتحليل الطيفي بساطة وإقناعاً. وسأشرح بكلمات قليلة في خواتيم هذا الكتاب كيف تدون أصوات الكلام مما سوى الصوائت على الرسم الطيفي.

عندما تضخ الرئتان الهواء من خلال الحنجرة في عملية الزفير يمكن للإنسان أن يدع الهواء يمر في يسر دون أن يعوق مروره، محتفظاً بالشفتين الصوتيتين في حالة ارتخاء وانفتاح ودون اعتراض للهواء في المناطق الواقعة فوق الحنجرة. واتخاذ هذا الوضع يعني أن المرء لا يقوم إلا بمجرد التنفس. وأيّاً ما كانت ألوان الضجيج التي يصنعها الإنسان في هذه العملية فإن سببها راجع إلى احتكاك سطحي لا يمكن تجنبه على طول القصبة الهوائية والفم والأنف، ولكنها غير ذات قيمة لغوية، أو أنها تظل غير قابلة للإدراك بالكلية، وذلك على الرغم من أن التنفس العنيف، والتنفس العميق الذي يقارب الشخير أو التنهيد ربما يكون له دلالةعلى الراحة أو التعب أو الغيظ أو الثورة. ولكن هذه الأصوات ليست أصواتاً لغوية منطوقة بمقتضى ماهية اللغة، ويمكن تجاهلها في السياق الراهن. وخلال النوم ربما يفقد الإنسان سيطرته على هذه الضجات الاحتكاكية، ولاسيما ما يصدر منها نتيجة اهتزاز سقف الحنك اللين، فتكتسب بذلك مزيداً من التضخيم فيقال عنه حينئذ إنه يغط في نومه.

بيد أن ثمة أصواتاً لغوية في لغات مختلفة لا تعدو أكوستيكياً أن تكون شبيهة بمثل هذه الضجات التي يسببها احتكاك بسيط، أو انفجار متبوع باحتكاك من جنسه، مع أنها بوظيفتها اللغوية ترقى من منزلة الضجات غير المتلفَّظ بها لتحتل منزلة الصوتيمات، ويطلق على هذه الأصوات صفة **الاحتكاكيات** *fricatives* **والمزجيات** *affricates*[(١)]. وتعد هذه الأصوات مهموسة إذا لم تنشط - في أثناء إنتاجها - الشفتان الصوتيتان، ومن ذلك:

[s, f, ʃ, θ; ts, k_x]، وتكون مجهورة في مثل [z, v,ð]. ومن أمثلة ذلك أيضاً أن الراء اللهوية [r] *uvular* في فرنسية باريس ولهجات شمالي ألمانيا وإيطاليا والأسبانية في بورتريكو عندما تفتقد صفة التكرير *trilled* - هي في بعض أشكالها صوت ذو صلة أكوستيكية بالضجة التي تصاحب تسليك الزور عند التهيؤ للبصق. وفي بعض اللغات صوتيمات هسيسيَّة *hissing* أو طقطقات[٢] *clicking* تتكون من ضجات تقوم عندنا - في حال وجودها وهو نادر - بدور إشارات غير كلامية تستعمل لمخاطبة الحيوان. (لاحظ أنني أصفها بالإشارات، لأنها لا تقوم إلا بوظيفة الرموز كما تفعل عناصر النظام اللغوي).

ويمكننا أن نميز من الوجهة النطقية بين الأصوات المجهورة والمهموسة عن طريق إسهام الشفتين الصوتيتين أو عدم إسهامهما في النطق. ولكننا إذا كنا نهدف إلى تقديم وصف نظامي يكون أنسب للتصوير الطيفي، نعالج فيه ما يحدث من تغيرات لتيار الهواء عند مروره عبر جهاز النطق - حينئذ يكون من الأفضل أن نصنف الصوتيمات إلى الأنواع الثلاثة التي فرغت من تسميتها، وهي **الأصوات الرنانة، والاحتكاكية والانفجارية (الوقفية والانفجارية).** وينقسم النوعان الأخيران قسمين فرعيين إلى: **مجهورومهموس** (يلاحظ أن كل الأصوات الرنانة بحكم ماهيتها مجهورة؛ فالهمس والرنين صفتان تحجب كل منهما الأخرى بالتبادل)[٣].

الأصوات الرنانة *resonants*: تشمل الأصوات الرنانة كلها على النغمة الحنجرية، وإن كان يعرض لها التعديل إلى حد كبير عن طريق ما تحدثه التجاويف من ألوان الرنين.

وينتمي إلى هذه الفئة: **الصوائت** *vowels* **والصوامت المنحرفة** *laterals*، **والأنفيات** *nasals*، **والتكراريات** *trills*. وتكون العقبات المتعرضة لتيار الهواء في

أدنى درجاتها (مع الصوائت)، أو ضعيفة نسبيّاً (مع غير الصوائت من الأصوات الرنانة). وتتكون هذه الاعتراضات بالنسبة للصوائت من احتكاك لا يمكن تجنبه، يحدث على طول الأجزاء السطحية من الحلق والفم حين يلمسها الهواء عند تحركه؛ فالصوامت المنحرفة /l/ تتميز بإغلاق مستمر ولكنه جزئي يتم في وسط الفم، مع السماح للهواء بالانطلاق من جانب اللسان أو من كلا جانبيه. أما في حالة الصوامت الأنفية فيتحول تيار الهواء جزئيّاً أو كليّاً إلى الأنف، وينبغي أن يتحرك من خلال ممرات ضيقة وملتوية. وعند النطق بالأصوات المكررة/r/ تحدث لتيار الهواء سلسلة من العوائق المتقطعة الجزئية أو الكلية. وأثر الرنين أكبر في الصوائت؛ إذ يمكن أن يقال إنها جهر حنجري محض يتأثر أقل التأثير بوجود ترددات إضافية غير حنجرية على الرغم من أنها تتعرض لتعديلات قوية عن طريق أنواع الرنين التي تحدث في التجاويف العليا.

وما يسمى بالصوائت المهموسة *voiceless vowels* (وهو تناقض في المصطلح إذا نظرنا إليه من زاوية التعريف الذي أقدمه الآن للصائت) هي ما نجده في الوشوشة *whispering* في الكلام العادي لدى بعض اللغات (مثل اليابانية)، وربما سميت كذلك - كما سبق أن قلت - بسبب وظيفتها الصوتيمية وليس بسبب طبيعتها الصوتية[٤]. وهذه الصوائت المهموسة ليست في حقيقتها نغمات جرى تعديلها في تجاويف ما فوق الحنجرة، ولكنها ضجات احتكاكية تتمايز بواسطة التنوعات التي تطرأ على تجاويف ما فوق الحنجرة من حيث الحجم والشكل. وهذه التنوعات نفسها هي التي كان عليها أن تقوم بتعديل النغمة الحنجرة في حال وجودها. ويمكن أن يقال - بعبارة أخرى - : إن أي صائت مهموس له كل المظاهر النطقية التي للصائت العادي باستثناء الجهر *voice*.

وتتميز أصوات الصوائت من غير الصوائت داخل مجموعة الأصوات الرنانة من حيث المظهرين الآتيين كليهما، وهما: تعديلات النغمة الحنجرية، ونماذج الضجة النمطية الخاصة بكل منها؛ تلك التي يسببها الاحتكاك والعقبات المعترضة لتيار الهواء على طول الممرات. وتظهر هذه الضجات في الرسوم الطيفية - كما سنرى - على هيئة ترددات عشوائية، وإن كان كل صوتيم من هذه الصوتيمات المتنوعة يبدي تردداته العشوائية النمطية الخاصة به. وتعد الصوتيمات الإنجليزية الآتية أصواتاً رنانة: الصوائت جميعاً، والصوامت / m , ŋ , n , l, r , j , w /(٥).

الصوامت الاحتكاكية *fricatives*: في هذه الأصوات تتخذ الضجات التي تقع بوصفها احتكاكات عارضة لا يمكن تجنبها في الأصوات الرنانة وضعاً مختلفاً، فهي تَبْرُز هنا عن قصد، ويجري اختيارها لتصير خصائص دالة تتحدد بها الصوامت الاحتكاكية المتنوعة بطريقة نمطية. ونعني بهذا القول أن المتكلم يختار قاصداً مكان النقطة التي يتم فيها الإغلاق أو التضييق الجزئي المنتج للاحتكاك، كما يختار نوع الإغلاق أو التضييق الجزئي أيضاً. ويمكن أن يقع هذا الاختيار في أي مكان فيما بين الحنجرة والشفتين؛ ومن ثم فإن الخصائص الاحتكاكية تصبح ذات أهمية أكوستيكية، كما تكون لها الغلبة على الصورة الطيفية، ويكون النطق بأي صوت **احتكاكي مجهور** *voiced fricative* مصحوباً بالنغمة الحنجرية، وإن كان لا يعرض لها تعديل ذو أهمية في نغماتها العليا؛ فهي لا تمدنا إلا بمجرد خلفية من الجهر. أما الأصوات الاحتكاكية المهموسة فهي ضجات خالصة تنعدم فيها جميع خصائص النغمة الحنجرية من الناحية الأكوستيكية ومن ناحية التصوير الطيفي.

وتعد الصوتيمات الآتية في الإنجليزية احتكاكية مجهورة وهي: /v, ž , ð/. أما الاحتكاكيات المهموسة فهي: / f, s, ʃ, θ /(٦). (ويفضل بعض اللسانيين أن

يعدوا الصامتين /w/ و /J/ احتكاكيين مجهورين، وأحسب أنهما شركة بين الأصوات الرنانة والأصوات الاحتكاكية، وأن إمكان تسميتهما من أنصاف الصوائت أو أنصاف الصوامت إنما تُظهر الخاصية الصوتية المزدوجة فيهما. ويعتمد وضعهما في هذا التصنيف على وجود أي منهما قبل صائت أو بعد صائت. ولقد اخترت أن أضعهما هنا مع الأصوات الرنانة؛ لأنهما يظهران في الرسم الطيفي بالخصائص المميزة لهذه الفئة من الأصوات). وينبغي أن أضيف هنا الصامت الانطلاقي المهموس /h/ الذي يمكن أن نعده احتكاكياً ولكن بأدنى درجات الاحتكاك. ولو أن الاحتكاك انعدم بالكلية لما بقي لنا إلا التنفس المحض الذي لا يعد صوتيماً.

الأصوات الانفجارية *stops, explosives, plosives*: تنتج هذه الأصوات من الوجهة النظرية والمثالية عن إغلاق تام يصنعه المتكلم بطريقة نمطية ومقصودة في أي مكان بين الحنجرة والشفتين، وينقطع بسببه تيار الهواء الصادر من الأنف أو الفم انقطاعاً تاماً.

فهذه - إذن - حالة من التضييق شديدة الخصوصية. والصوت الانفجاري بمعنى من المعاني هو حالة قصوى من حالات الصوت الاحتكاكي، فالانفتاح المفاجئ للشفتين المضغوطتين والتسريح المفاجئ لطرف اللسان الضاغط على ما يواجهه من الأسنان أو اللثة، وانفكاك ظهر اللسان الضاغط على الحنك اللين أو الحنك الصلب، والانفصال المفاجئ للشفتين الصوتيتين - كل هذه ألوان من النطق تستخدم آثارها الأكوستيكية بوصفها من أصوات الكلام وهي على الترتيب: **شفوية** *labial*، **وأسنانية أو لثوية** *dental or alveolar*، **وحنكية أو طبقية** *Palatal or velar*، **والقطعات الحنجرية** *glottal stops*.

وتوجد قبل تسريح الإغلاق لحظة من توقف النطق يتجمع ضغط الهواء فيها خلف العائق. ومن ثم قد يبدو متناقضاً أن تكون الصوامت الاحتباسية

أصواتاً تتميز بانعدام الصوت. غير أن تحركات الأعضاء السابقة واللاحقة على لحظة النطق بالصامت الاحتباسي تقوم نمطياً وإدراكيّاً بتكييف الأصوات السابقة له واللاحقة عليه. وسيظهر الرسم الطيفي ذلك جليّاً؛ ذلك أن تدوين الصوت الاحتباسي لن يظهر فيه إلا على هيئة صورة يعرض لها تعديل نمطي لنهاية الصوت السابق أو بداية الصوت اللاحق، على حين تظهر لحظة السكون قبل حدوث الانفجار على هيئة فراغ ينعدم فيه نشاط التصوير الطيفي بالكلية؛ وتلكم هي الصورة على الأقل فيما يتعلق بالاحتباسيات المهموسة. أما الاحتباسيات المجهورة فتكون مصحوبة خلال النطق بها بغمغمة من الجهر تعود إلى اهتزاز الشفتين الصوتيتين. غير أن سائر ألوان النشاط النطقي الأخرى تظل متوقفة. ويمكن مشاهدة هذا الجهر في الرسم الطيفي، ولكن هذه الصورة الطيفية هي مجرد ظاهرة ثانوية عديمة الدلالة ولا تساعدنا -إذا أردنا توثيق أي صوت مجهور - على تحديد نوع الصوت أو نمط النطق.

وتعد الصوتيمات الآتية في الإنجليزية احتباسيات مجهورة: /b, d, g/. أما المهموسة فهي /p, t,k/(٧). وتردد الأساس للنغمة الحنجرية يعطينا حيثما وجد في مجرى الكلام (أي في جميع الأصوات المجهورة) - الدرجة الطبيعية للصوت الكلامي العادي المميزة للفرد. ويمكن أن يعدل هذا التردد حسب الرغبة في الكلام والغناء بوجه خاص عن طريق تنويع توتر الشفتين الصوتيتين؛ حيث يقوم المغني أو المتكلم بضبط توترهما على نحو ما يقوم العازف بضبط أوتار الكمان. ويُعَدُّ الإيقاف *stopping* الذي يتغير به طول الوتر أمراً جوهريّاً بالنسبة للعزف في جميع الآلات الوترية التي هي من نوع الكمان، ولكن الإيقاف ذو أهمية دُنيا بالنسبة للشفتين الصوتيتين؛ فعمل الشفتين الصوتيتين لا ينطوي على إيقاف حقيقي تقوم به بعض أعضاء النطق لتقصير الجزء المهتز من الشفتين الصوتيتين كما يفعل الإصبع على الوتر، بل يتحقق

بالسماح لجزء منهما بالاهتزاز. وعلى حين أنه لا توجد حتى الآن نظرية مقبولة لتفسير طريقة الأداء الخاصة التي تنتج الطبقة الصوتية العالية المتكلفة *falsetto* في الغناء أو الكلام، أو التي تنتج هذه الطبقة والصوت الطبيعي *yodeling*(٨) - فإن ثمة فرضية ترجح أن إنتاج هذا النوع من الأصوات لا تهتز فيه إلا الأجزاء الوسطى من الشفتين الصوتيتين لتنتج نغمة أَحَدَّ قليلاً من المدى المعتاد لدرجة صوت المغني أو المتكلم.

ولنتأمل الآن الحقيقة الآتية المتعلقة بدرجة صوت الجهر: لو أن هذه الدرجة كانت عاملاً له أهميته في التواصل اللغوي على المستوى الصوتيمي لكان الأشخاص المتساوون في درجة الصوت الطبيعية هم وحدهم القادرين على تحقيق التواصل فيما بينهم، أو لكان على جميع المتكلمين أن يلتزموا بإنجاز الاتصالات المتساوية بمستويات متساوية من الدرجة الصوتية، أي أن الكلام سيكون دائماً وبطريقة ما نوعاً من الغناء.

وليس أيٌّ من هاتين الحالتين شائعاً؛ فأولاهما محالة من الوجهة البيولوجية، والثانية باهظة التكاليف من الوجهة الاجتماعية. وقد ذكرت أنه حتى اللغات التي تكتسب فيها درجة الصوت أهمية يختلف باختلافها المعنى مع بقاء الصوتيمات على حالها - كاللغة الصينية - يكون المطلوب فيها هو التنويع النسبي لمستويات الدرجة الصوتية *pitch contour*، وليس المطلوب هو إحداث تغيير يلتزم بلحن موسيقى محدد تحديداً قاطعاً. ويصدق ذلك أيضاً على الحالة التي يعطينا فيها التنغيم إشارات دالة نميز بها جملة الإثبات: «هو يقول ذلك». من جملة الاستفهام: «هو يقول ذلك؟».

وبدلاً من أن يتبع المتكلمون خَطّاً لحنياً محدداً سلفاً من الوجهة اللسانية ويلتزمون فيه بدرجة صوتية مفروضة عليهم - نجدهم ينطقون بالفعل جميع الصوائت مثلاً بأي درجة - يختارونها، أو بالدرجة التي

يرتاحون إليها، وفي الوقت نفسه تقوم خصائص أخرى غير الدرجة الحنجرية بالتحديد اللغوي لكل نمط من أنماط النطق بالصوائت. ولقد علمنا أن الصوائت هي نتاج النغمة الحنجرية، وأن النغمات الحنجرية يختلف بعضها عن بعض باعتبار النغمات العليا، أما فيما سوى ذلك فلا تختلف اختلافاً ملحوظاً أو اختلافاً ذا أهمية. ويلزم عن ذلك أن نرجع الفروق اللغوية التي يستطيع المتكلم إنتاجها ويضطر إلى استخدامها عند النطق بالصوائت إلى السلوك النطقي والأكوستيكي الذي تمارسه تعديلات ما فوق الحنجرة وحدها دون غيرها، أي لظواهر الرنين والتقوية في تجاويف ما فوق الحنجرة. وبعبارة أخرى نقول: إن الصوائت /a, e, i, o, u/ ليست مدينة في خصائصها لما نفعله عند استخدامنا الشفاه الصوتية بل لما نفعله حين نستخدم أفواهنا.

وتقودنا هذه الحقيقة إلى مطلب آخر ينبغي توافره في الآلة التي نريد تركيبها. إن هذه الآلة ينبغي أن تكون قادرة على أن تهبط بالدرجة الحنجرية الخالصة إلى مكانها الصحيح، من حيث كونها أمراً منبت الصلة بعملية التواصل اللغوي؛ هذا إن لم تكن قادرة على عزلها عزلاً تاماً.

والأَوْلى بهذه الآلة أن توجه عنايتها الخاصة للأحداث والتعديلات التي تجري فيما فوق الحنجرة. والواضح أن التمثيل الذبذبي لأصوات الكلام لا يستثنى الدرجة الحنجرية من التدوين؛ ففي الرسم الذبذبي للصوت المركب تمتزج درجة الصوت بالمكونات الأخرى. وقد بذلت محاولات لفصل الذبذبات الحنجرية عن ذبذبات ما فوق الحنجرة بتمثيل كل منهما في حزام منفصل. ولكن إنجاز الفصل الصحيح والدقيق من الوجهة الرياضية محال، وذلك لأن هذا الفصل يتم إنجازه على وجه العموم باستخدام وسيلة مشوشة وفجة كتلك التي يتطلبها الكيموجراف مثلاً، إذ يتم ذلك بتوصيل أدوات متعددة بعدد من

الأجزاء المختلفة في أعضاء النطق، للحصول على تدوينات متزامنة ولكن بحيث يستقل بعضها عن بعض. (علماً بأن هناك عدداً من أعضاء النطق لا ينقاد بحال لهذه الطريقة دون أن ينشأ عن ذلك إفساد للطريقة التي يمارس بها وظيفته العادية أو إعاقة لهذه الوظيفة على الأقل). غير أننا إذا حللنا أي صوت بطريقة التصوير الطيفي فإن كل تردد يجري تدوينه مصحوباً بإشارة ما إلى حظه من القوة. حينئذ يمكن في يسر أن نُعيِّن الدرجة الحنجرية وأن نتجاهلها، على حين نعطي الترددات الأخرى وتوزيعها ما يستحقه من أهمية، سواء لكل تردد منها على حدة أو للتجمعات الترددية، وهي أهم من الترددات المفردة، وسيتبين لنا ذلك فيما بعد(٩).

(لاحظ أن تعيين الدرجة الحنجرية في هذه الحالة يتم بإحدى طريقتين؛ ففي حالة وجودها في الصورة الطيفية تكون هي أقل تردد من ترددات النغمة، أما في حالة غيابها فتحسب على أساس المسافة الفاصلة بين النغمات التوافقية).

وصحيح أن أهمية هذا الفصل بين الترددات مقصورة على الحالات التي توجد فيها نغمة حنجرية؛ أي في الأصوات الرنانة والاحتكاكيات والانفجارية المجهورة. ولكن تعيين الصورة الطيفية للأصوات التي لا تشارك الحنجرة في إنتاجها يعتمد أكبر الاعتماد على صورة الأصوات ذات النغمة الحنجرية وعكس ذلك صحيح أيضاً؛ فشكل الأصوات المجهورة يتحدد على نحو ما بما يحيط بها من أصوات مهموسة.

حددنا حتى الآن ثلاثة مجالات ينبغي على الرسم الطيفي أن يقدم فيها تصويراً أصدق للكلام، وأصلح لتحقيق الأغراض اللسانية إذا ما قورن بالرسم الذبذبي، وهي:

(١) أن عليه أن يعزل ظاهرة «الطَّوْر» التي لا صلة لها بالغايات اللسانية.

(٢) أن عليه أن يفصل الترددات التي يختلط بعضها ببعض، وأن يتم الفصل بطريقة تمكّن الباحث من تمييز المكونات المهمة من غير المهمة.

(٣) أن عليه أن ينجز ذلك بطريقة تشبه عملية السمع نفسها.

وهذا المجال الثالث في حاجة إلى تفسير:

إن الأجزاء المتحركة في الأذن - وهي طبلة الأذن *eardrum* **والعظيمات الدقيقة في الأذن الوسطى** *middle ear* (**المطرقة** *hummer* **والسندان** *anvil* **والركاب** *stirrup*، وقد سميت كذلك بحسب هيئاتها)، والسائل الذي تحتويه القوقعة في الأذن الداخلية - كل هذه الأجزاء تنقل اهتزازات الهواء بوصفها حركة فيزيائية. والأذن لا تدرك هذه الحركة الفيزيائية في النهاية في شكل اهتزازات لجزيئات الهواء ولكنها تدركها في شكل صوت. ويتم هذا الأمر بطريقة ما من خلال عملية لم تكتشف كل جوانبها حتى الآن، ولكنها - على أي حال تدخلات من الأعصاب والمخ. (وإذا كان صحيحاً أن الاهتزاز بالتعبير الفيزيائي هو الصوت فإن من الصحيح أيضاً - وبالقدر نفسه - أننا لا ندرك الاهتزازات في صورة اهتزاز - أي في صورة سلسلة من الضغوط والتخلخلات التي تحدث في الهواء. بل ندركه في صورة مختلفة كل الاختلاف). ومن بين ما تشتمل عليه عملية الإدراك توجد يقيناً عملية ترشيح وتحليل توافقي تُستخلص بها الترددات المتنوعة التي تصطدم بطبلة الأذن في صورة صوت مركب موحد، ثم يجري نقلها وتصنيفها. ومن المحتمل أن تكون الخلايا الشعرية والأطراف العصبية في الأذن الداخلية (ونعني بها الخلايا والأطراف الناتئة في سائل القوقعة حيث تحمل الاهتزازات على طول المسافة من طبلة الأذن) - نقول من المحتمل أنها تقوم بوظيفة مرشحات رنانة على نحو يشبه بطريقة ما بطارية الشوكات الرنانة في الشكل رقم «١٤». ومرشحات الأذن عظيمة العدد ومضبوطة على تنوع كبير من الترددات. وحتى لو كان كل من

هذه المرشحات مرشحاً مثالياً لا ينقل إلا تردداً واحداً وليس حزاماً من الترددات فإن الأذن بفضل عدد هذه المرشحات - ستظل قادرة على التقاط تنوع ضخم من الترددات المختلفة التي تقع جد متلاحقة، حتى إنها لتظل قادرة على أن تستوعب التكوين الطيفي ضمن حدود الحساسية البشرية. وأيّاً ما كانت تفصيلات العملية فإن الترشيح والتحليل - فيما يبدو - يحدثان بتبليغ المخ بوجود كميات معينة من القوة مصاحبة لترددات معينة(١٠). وهذه أيضاً هي الطريقة التي يعمل بها المطياف ولكن بعد إجراء التعديلات الضرورية.

* * *

الفصل الحادي عشر

تعيين الصوتيمات

ينبغي أن أبرز هنا مظهراً من مظاهر القصور لا مفرّ للمطياف الذي نقوم بتركيبه من معاناته. وما مَثَلُه في ذلك إلا كمثل أي آلة أخرى تصطنع لتدوين اللغة. ولهذا القصور سبب وجيه، فهذه الآلات «ذكية»، ومزودة بجهاز عصبي بديل، ويمخ بديل. لكن هذه الآلات على الرغم من ذلك ليس لها مواقف «ثقافية»، كما أنها غير قابلة للتكييف الثقافي. إنها آلات غير قادرة على أن تصدر أحكاماً أو تقويماً يمكن إضافته إلى تلك الأحكام التي يتمناها صانعها ويستطيع إصدارها.

إن هيئة التجاويف وأعضاء النطق المسؤولة عن تنوع أصوات الكلام محكومة بتنوعات وخيارات إرادية، وهي بالإضافة إلى ذلك تعتمد على التركيب التشريحي للفرد؛ مثل الشكل والحجم المميزين للرأس والفم والأنف وما تشتمل عليها من أعضاء متنوعة. وعلى الرغم من ذلك يستطيع كل فرد أن يبطل مفعول الخصائص المميزة لشخصه، ذلك أنه لا يوجد شخصان يصدران دائماً عند ممارسة الكلام أصواتاً واحدة من الوجهة الأكوستيكية، بل إن الفرد نفسه لا يستطيع أن يصدر على التوالي الأصوات نفسها، ومع ذلك فإن كل إنسان قادر على أن يتعلم كيف ينتج الأصوات نفسها من الوجهة اللسانية. ويتحقق هذا النوع من التطابق بتجزيئ الأحداث النطقية على التوالي إلى فئات من الأصوات المتطابقة *classes of sames* ؛ وهي التي تسمى صوتيمات. وتقوم بنية اللغة بوضع الحدود الفيزيائية التي يتعين بها هذا التطابق الصوتيمي بطريقة مخصوصة تصنف بها اللغة المعينة كمية الحقيقة الصوتية

إلى أجزاء متميزة ذات أهمية، كما تتعين الحدود أيضاً بالخصائص الأكوستيكية والفيزيائية.

هذا التجزيء *segmentation* الذي تعالج به كمية الترددات الأكوستيكية في الصوت يمكن مقارنته بالتجزيء الذي تعالج به كمية الترددات البصرية التي يشتمل عليها الضوء على النحو الذي نلاحظه مثلاً في قوس قزح. ففي ثقافتنا العربية نختار اتفاقاً أن نقسم طيف الشمس المتصل إلى ما يسمى بالألوان السبعة الرئيسة وهي: الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي. ولنلاحظ أن هذه الألوان في الطيف الواقعي - كالطيف الذي ينتج عن مرور ضوء من خلال منشور - تتدرج من لون إلى لون، وأن الجزء الذي اصطلحنا على تسميته «البرتقالي» - إذا ما قارناه بقطعة ورق مصبوغة بلون برتقالي متجانس - وجدنا أن اللون لا يكون متجانساً في جميع هذا الجزء، وأن المنطقتين الملاصقتين للأجزاء المجاورة من كلا الجانبين للونين الأحمر والأصفر هما أقرب في واقع الأمر إلى أن يكونا منطقة «حمراء» ومنطقة «صفراء» من كونهما منطقتين «برتقاليتين». وليس ثمة إذن سبب فيزيائي يسوغ عدم إمكان تحريك الحدود بين الألوان قليلاً، أو يمنع أحداً من تقسيم الكمية إلى أجزاء مختلفة أو أجزاء تتفاوت قلة وكثرة. وذلك على وجه اليقين ما تفعله مجتمعات وثقافات معينة.

أياً ما كانت وجوه الاختلاف في تجزيء هذه الكمية والنابعة من تنوع العادات - فإنها لا تعكس بطبيعة الحال القدرة الفيزيائية للرائي ولا تحددها. غير أن هذه الخلافات تكون سبباً في تحكمات ثقافية، وفي إحداث نوع من القصور الثقافي، حتى إن الأفراد الذين ينتمون إلى ثقافتين مختلفتين (من حيث تصنيف الألوان إذا جاز التعبير) لا يتفقون - في شأن تقسيم الكمية الطيفية - على مواضع التقسيم وحدوده، ومن ثم نراهم لا يتفقون في الإجابة

إذا ما طرح عليهم سؤال يقول: «ما الألوان التي يمكن الحكم عليها بالتطابق؟». ولذلك كان من المحال أن يوجد نوع من **عمى الألوان الفيزيائي** *physical color blindness* يشمل كل الأفراد المنتمين إلى ثقافة ما - وإن كان من الممكن أن يحدث ما يجوز تسميته **بعمى الألوان الثقافي** *cultural color blindness* من جهة الحكم على تدرج الألوان في ثقافة أخرى.

وشبيه بذلك ما يمارسه العرف من تجزيء لِطَيف الترددات الأكوستيكي المتصل بتقسيمه إلى أصوات كلامية في لغة ما؛ ذلك أن هذا التجزيء لا يسبب لأيّ متكلم عجزاً فيزيائياً حقيقياً يحول بينه وبين إدراكه لجميع الأصوات التي ينطق بها متكلم بلغة أخرى أو بينه وبين إصدارها. ولكن قد ينتج عنه عجز المتكلم عجزاً ثقافياً عن أداء دور المتكلم والسامع بطريقة تتكافأ مع طاقته الفيزيائية. وربما يؤدي هذا الأمر بالفرد إلى نوع من الصمم والبكم (الصوتيمي) الثقافي، وقد تبلغ هذه الظاهرة درجة من التمكن بحيث يكون من أصعب الصعب معها أن يكتسب عادات كلامية أجنبية، أو تحول بينه وبين تحقيق سيطرة كاملة - أعني سيطرة سليقية - على هذه اللغة. وقد يبلغ الأمر بهذا المتكلم أن يتخلى عن كل جهد ييسر له تحسين أدائه في الكلام إذا لم تكن لكنته الأجنبية حائلاً دون أن يفهمه الآخرون، وإذا لم يجد صعوبة في فهم المتكلمين من أهل اللغة. ونصوغ ذلك بعبارة أخرى فنقول: إن المتكلم إنما يفعل ذلك عندما لا يكون ترخصه في النموذج الثقافي المكتسب أمراً معوقاً، أو عندما لا تتجاوز درجة الإعاقة رغبة المتكلم أو حدود طاقته. (وفي مثل هذه الحالات تتقيد **حدود السماح** *limits of tolernce*(١١) بالشخصية التي يشملها الموقف، وبالثقافة التي يتحرك في إطارها، وبالأغراض التي تستخدم من أجلها اللغة؛ فالولايات المتحدة الأمريكية مثلاً - وخاصة عاصمة مثل نيويورك - متسامحة كل التسامح مع اللكنات الأجنبية. ومع ذلك فإن أي ممثل فرنسي مهما بلغت جودة أدائه لمسرحية من مسرحيات كورنّي يظل غير

محتمل إذا ما أدى شخصية الملك لير منشداً شعره بلكنة فرنسية، وستكون مقاطعة الجمهور له فوق ما يطيق).

ويبدو التطابق اللغوي أحياناً أكثر تحرراً وتجاوزاً بالقياس إلى التطابق الأكوستيكي، فالأصوات التي تعدها اللغات الهندية - الأوروبية في يسر وحسم صوتيمات مختلفة مثل [r] و [*l*] هما في اليابانية تنويعان غير متمايزين من الوجهة الصوتيمية، أو هما تحققان صوتيان لصوتيم واحد (يمكن أن يدونا في الكتابة بأي من الرمزين [r] أو [*l*]، أو بأي رمز كتابي يتفق عليه). الأَوْلى أن يقال إن في اليابانية صوتيماً يتحدد نطقياً وأكوستيكيّاً على نحو خاص، بحيث يُنْظر إلى الصوتين اللذين نسميها في الإنجليزية [r] و [*l*] على أنهما وثيقيّ الصلة بهذا الصوتيم، حتى إن كليهما ليعدُّ تَحقُّقاً من تحققاته.

ولا يعني هذا القول أن المتكلم باليابانية يخلط بين الصوتيمين / *l* / و / r / ؛ ذلك أنه من سَقَط القول أن يقال إن لغة ما تخلط بين صوتيمات لغة أخرى. إن الذي يعنيه هذا القول هو أن المتكلم باليابانية ليس لديه أي من الصوتيمين / r / أو / *l* / ولكن الذي لديه هو صوتيم سَمِّه إن شئت /س/ أو /ص/ له صلة نطقية وأكوستيكية بكل من / r / و / *l* /. وهذا الأمر هو - ابتداءً - ممكن لأن الشُّقة بين كل من / r / و / *l* / في الإنجليزية ليست جدّ بعيدة، وإن كانت المسافة بينهما كافية لتمييز كل منهما من صاحبه عند المتكلمين بالإنجليزية، على حين أن الأمر ليس كذلك بالنسبة للمتكلمين باليابانية. وبالمعنى الذي سبق لي أن عبرت عنه فيما يختص بالشبه الصوتي بين جميع الصور التي يتحقق بها صوتيم ما، أو بين جميع الصور الموقعية للصوتيم *allophones* - لا أظن أنه يجوز عند تحليل لغة ما أن يصنف صوتان متباعدان أكوستيكيا مثل [h] و [*t*]، أو [g] و [s] بحيث يقعان تحت صوتيم واحد. إن قابلية الصور التي يتحقق بها الصوتيم للتنوع بطبيعة الحال

ليست دائماً قابلية مطلقة. ولكن هذه الصور ترد في شكل متنوعات موقعية، ويكون ذلك بأن تستخدم صورتان من صوتيم ما في موقعين مختلفين على نحو متوقع، ومثال ذلك الصورتان التي ينطق بها الصوتيم /l/ في الكلمة *lull* التي سبق ذكرها. إن أي أجنبي لا تشتمل قائمة الصوتيمات في لغته إلا على صورة واحدة للصوتيم /l/ لا سبيل للخطأ عليه إذا ما نطق بالإنجليزية (ويختلف هذا الوضع عن المتكلم باليابانية؛ إذ ليس في لغته صوتيم مساوٍ للصوتيم الإنجليزي /l/. حتى وإن كان في إمكان الباحث اللساني أن يختار الرمز الكتابي /l/ ليرمز به إلى الصوتيم الموجود في اليابانية). ومقتضى هذا القول أن الأجنبي الذي لا تشتمل قائمة الصوتيمات في لغته الوطنية إلا على صورة واحدة للصوتيم /l/ سينطق بالكلمة *lull* نطقاً واضحاً بريئاً من الخطأ دون استعانة بأي سياق دلالي، وذلك بقطع النظر عن صورة النوع الذي يستخدمه من الصوتيم /l/.

أما حين تخلو لغة هذا الأجنبي من أي تنوعات موقعية للصوتيم /l/ - وهذا صحيح بالنسبة للفرنسية والإيطالية، أو حين تكون تنوعات الصوتيم /l/ في لغته غير موافقة للتوزيع التكاملي الموجود في الإنجليزية - حينئذ نجده ربما ينطق بما نسميه لكنة أجنبية، ويعني ذلك إذن أنه مازال مفهوماً ولكن صدى نطقه مع ذلك يبدو وغريباً لأنه لا يستخدم التنويعات المناسبة، أو لأنه يستخدم التنويعات بطريقة غير مناسبة (هذا على الرغم من يقيني بأن استخدام التنويعات الغالطة يمكن على الأقل أن يفسد الوضوح، هذا إن لم يكن مانعاً يحول دون تحققه).

كل أولئك يؤكد الحقيقة الآتية التي نصوغها على هذا الوجه: إن الكتابة الصوتيمية لا قيمة لها في حقيقة الأمر ما لم نفهم القيم الصوتية التي تتعلق بالرموز المستخدمة، وأننا إذا استخدمنا على وجه العموم رموزاً مقترضة من

الأبجدية الصوتية الدولية فلا بد من تضمين كل رمز نستخدمه قيمة صوتية معينة(١٢)، وإلا كان علينا أن نستخدم الأرقام أو أي نوع من الرموز الخيالية مثل/ □ , ⊥ ,E /. وقد يكون هذا شيئاً مفيداً، لاسيما إذا أعاننا هذا الأمر على إيضاح انعدام المثلية بين الصوتيم /l/ في الإنجليزية والصوتيم /l/ في اليابانية.

إن القيم الأكوستيكية ربَّما تختلف من لغة إلى أخرى، ولكن حضور هذه القيم على أي حال يستوجب - عن قصد أو غير قصد - حضور شيء من الحقيقة الصوتية في تحليلنا الصوتيمي. وإذا كان ذلك كذلك كان من السهل أن نسلم بجدوى الاهتمام بالشبه الصوتي عند قيامنا بالتصنيف الصوتيمي.

وننتقل الآن بالحديث نقلة أخرى؛ فقد يحدث ألا يقتصر إخفاق المتكلم عند نطقه بلغة أجنبية على عدم التمييز بين مجرد التحققات الصوتية الموقعية *allophones* بل يمتد ليشمل عدم القدرة على تمييز الصوتيمات. ومثال ذلك الأسباني الذي لا يعرف إلا نمطاً واحداً من الصوتيم /i/، ومن ثم فإنه لا يميز في الإنجليزية بين الصّوتيم /i/ في beat والصوتيم /I/ في bit، ومثل هذا المتكلم ربما يخفق كل الإخفاق في أن يبين عن نفسه لسامعه. كذلك قد لا يستطيع هذا المتكلم أن يميز على نحو صحيح بين bate, bet, bat؛ لأنه لا يعرف إلا نمطاً واحداً من الصوتيم /e/. ومن حسن الحظ أن بالإمكان في غالب الحالات تجنب ما يعرض لعملية التواصل اللغوي من انقطاع حتمي أو الحدّ من خطورته بسبب قدرة السامع على القيام بما يسميه مهندسو الاتصال: «التحويل الشفري» *code switching* وهي عملية احتكام إلى عادات المتكلم النطقية تسمح للسامع بأن يتعلم سريعاً أنماطاً معينة ودرجات من الانحرافات الصوتيمية *phonemic deviations* ينبغي السماح بقبولها. ويقدم السياق - بطبيعة الحال - عوناً لا نهاية له في رأب ما يعرض من صدع

للوضوح الصحيح في أي نطق يمكن أن يُتَوقع فيه عدم الوضوح، إذا ما اقتصرنا على الجانب الأكوستيكي وحده. بيد أن الاعتماد على براعة التحويل الشفري ليس مأموناً من الوجهة العملية، ولا معتمداً - من الوجهة النظرية على الأقل - عند إجراء التحليل على المستوى الصوتيمي. والآن، نحن نعلم أن الآلة ليس لها لسان؛ ومن ثم فإنها لا تستطيع التمييز بين المثلية الأكوستيكية واللغوية، أو بين المثلية الفيزيائية والثقافية. والآلة لا تعاني من الصمم الصوتي الثقافي ولذلك لا يمكنها - من حسن الحظ - أن تشوه أو تسيء فهم المادة الفيزيائية التي تستقبلها، ولكنها مع ذلك لا تستطيع أن تنظم هذه المادة أو تحللها وفقاً لأي اعتبارات لسانية. إننا لا نقوم بعملية تركيب وتشغيل لمطياف إنجليزي أو كيموجراف فرنسي أو راسم ذبذبات ألماني، كما أننا لا ننتج نوعين من الزئبق أحدهما فهرنهيتي والآخر مئوي ليوافق هذين النوعين من الترمومترات. وكما أن الزئبق في جميع الترمومترات يعمل فيزيائياً بطريقة واحدة، ونحن نضيف من عندنا تدريجاً عرفياً إنسانياً من نوع ما يتفق والثقافة التي نعيش في ظلها - فذلك على وجه الدقة هو ما تفعله آلات تدوين الصوت وأجزاؤها العاملة، حين تعمل فيزيائياً بطريقة واحدة بقطع النظر عما يقدم لها من مواد؛ فنحن لا نضيف إلاّ تفسيرنا أو تدريجنا للمادة المدونة. ولذلك فإن المعلومات التي ينقلها الراسم الطيفي هي معلومات أكوستيكية. وإذا تحولنا بالعبارة إلى المجال اللساني قلنا إن ما ينقله الرسم الطيفي هو معلومات صوتية *phonetic* وليست صوتيمية *phonemic*. ومن الضروري لكي نستخلص منها المعلومات الصوتيمية أن يؤسس الناظر إليه أو القائم بالتجربة تدريجه الصوتيمي سلفاً، كما أن قراءة ما نسميه بدرجات الحرارة على الترمومتر لا يمكن إنجازها إلا بعد أن يكون عمود الزئبق قد زود بتدريج من نوع ما . وهذا يعني أن القائم بالتحليل الطيفي عليه أن يعرف اللغة أو الشفرة التي تمنح المادة الأكوستيكية معناها وتصنيفها اللغويين.

ليس للمطياف دور في تحديد ماهية الصوتيم أو ما ينبغي أن يكون عليه إلا بقدر محدود، وذلك حين يلاحظ القائم بالتحليل الطيفي وجود اختلاف كبير من الوجهتين الأكوستيكية والطيفية، فيصرفه ذلك عن عَزْوهما في التصنيف إلى صوتيم واحد. ولكننا بمجرد أن نضع السلم التدريجيَّ الخاص بالصوتيمات أو درجات الحرارة ونزود به الآلة - يمكننا أن نستخدم المطياف في تطبيق هذا السُّلَّم التدريجي على جميع الحالات التي يختص بها؛ أي في إجراء القياس والتصنيف لجميع الحالات والمواد الفيزيائية التي تدركها الآلة. وبعبارة أخرى نقول: إن في إمكاننا حينئذ أن نصدر توجهياتنا للآلة لكي تهتم بالمادة التي نريد أن نلاحظها ونعزلها، غير أننا لكي نجعل الآلة تعمل وفقاً لما نريده منها علينا أن نعرف نحن أولاً: عن أي شيء نبحث؟. ومن الواضح أن التدوين الذي تقوم به الآلة - سواء كانت مطيافاً أو ترمومتراً - هو بالنسبة لها لا معنى له ولا هدف. إن المطياف لا يعلم عن الصوتيم أكثر مما يعلم الترمومتر عن نقطة غليان الماء على مستوى سطح البحر، وعزو القيم إلى هذه الأشياء إنما يأتي من قِبَل من يستخدم الآلات. وفي حالة التحليل الذي يقوم به المطياف للكلام يقوم عالم الفيزياء أو المشتغل بالبحث الأكوستيكي بعزو هذه القيم إلى المادة بحسب قدرته اللسانية فحسب، ويلزم من ذلك أن على كل منهما أن يكون ملماً بجوانب معينة من اللسانيات لا بد له منها إذا أراد أن يمارس التحليل الطيفي للغة.

ومقتضى ما ذكرناه يوجب بطبيعة الحال على الباحث اللساني الذي يريد أن يتكلم في شأن التصوير الطيفي، وفي الدرس الصوتي والصوتيمي على وجه الدقة، أن يعرف مبادئ الدرس الأكوستيكي والتصوير الطيفي إلى المدى الذي عولجت به هذه المبادئ في هذا الكتاب على الأقل. إنه إذا فعل فسيكون أقل انحيازاً في تحليله الصوتيمي وفيما يرسمه من مخططات صوتيمية، وبذلك لا يتورط في استخدام المعايير والطرق التي تتسم بها صوتيمية

الصالونات[١٣] *armchaire phonemics*، ذلك الاتجاه الذي يملك من الوسائل ما يمكنه من تجاهل الحقيقة الفيزيائية والسخرية منها. وسيعزف عن وضع كل ما يملكه من البيض في سلة العلاقات والتوزيع؛ ذلك العمل البعيد عن الحكمة والذي سبق أن أشرت إليه. وسيكون لمثل هذا الاتجاه الذي يتسم بالواقعية والحذر جدواه للدرس اللساني في رأيي ورأي كثيرين غيري.

* * *



الفصل الثاني عشر

إنتاج الصوائت

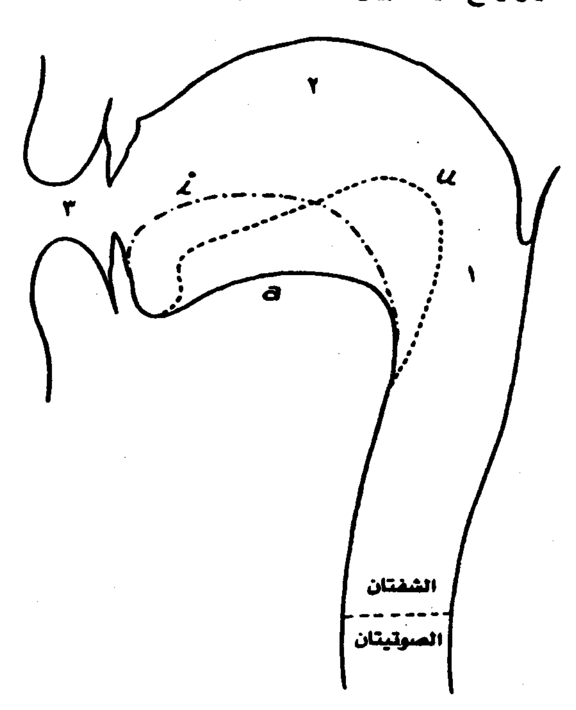
سأختار الآن ثلاثة من صوتيمات الصوائت الإنجليزية، وهي /i, a, u/، وسأعرض في شيء من التفصيل طرائق النطق بها، لكي استخلص رؤية واضحة لتجاويف الفم من حيث الشكل والحجم، وهو الأمر الذي أشرت إليه كثيراً من قبل. (ومن المألوف أن تستخدم عبارة النطق بالصوتيمات وتحليل الصوتيمات إلخ... وإذا شئنا الدقة في التعبير فإن هذا ترخص في استخدام المصطلحات؛ ذلك لأن الصوتيم صنف من الأشياء التي لا يقع النطق أو التحليل إلا على تحققاتها، أي ألوفوناتها، غير أن هذا الاستعمال شائع، ولن أعنِّي نفسي في اجتنابه، إذ لا ضير من ذلك الاستعمال ما دامت كل القضايا ستفهم في ضوء هذا التحفظ).

يمثل الشكل (١٥) قطاعاً طوليّاً لتجويف الفم. وعند إنتاج الصوائت تهتز الشفتان الصوتيتان، وتصدر النغمة الحنجرية المركبة التي تشتمل على درجة الصوت *pitch*. ويمكن التحقق من وضع اللسان عن طريق الصور الملتقطة بالأشعة السينية. أما وضع الشفتين والفك السفلي فيمكن رؤيته من الخارج. (ويمكن أن نتزود برؤية ممتازة للكيفيات التي تعمل بها أعضاء النطق عن طريق الأفلام التي تلتقط للأشخاص الخاضعين للفحص ممن فقدوا الغلاف الخارجي لجهاز النطق بسبب مرض أو حادث. وبذلك تكون حناجرهم وتجاويف ما فوق الحنجرة لديهم مكشوفة للرؤية بلا عائق).

عند النطق بالصوتيم /a/ ينخفض الفك، ويكون اللسان منبسطاً في قاع

الفم (لذلك نجد الطبيب الذي يريد أن يفحص حلق أحد المرضى يطلب إليه أن يقول "a"، وبذلك يحصل على أوضح منظر مع أقل استعمال للأداة غير المحببة؛ تلك التي تستخدم لتنحية اللسان). وتكون الشفتان واسعتين مفتوحتين، والأسنان العليا والسفلى منفصلة بعضها عن بعض إلى أقصى بعد، ويشكل تجويف الفم تجويفاً واحداً إلى أقصى مدى.

وعند النطق بالصوتيم /i/ يرتفع الفك، ويتحدب اللسان من الأمام تجاه الغار «سقف الحنك الصلب» *hard palate*، وتكاد الشفتان تتلامسان، وتكون زاويتاهما مسحوبتين إلى الجوانب، وتكاد الأسنان أن تكون مغلقة. وينقسم اللسان قسمين: أصغرهما في الأمام وأكبرهما في الخلف، بالإضافة إلى وجود تجويف ثالث صغير يقع فيما بين الأسنان والشفتين.



شكل ١٥ . تجويف الفم

وعند النطق بالصوتيم /u/ يظل الفك مرتفعاً والأسنان مقفلة تقريباً. غير أن اللسان في هذه الحالة يتحدب من الخلف في مواجهة الطبق «سقف الحنك اللين» *soft palate*، وتكون الشفتان مستديرتين ومتغضنتين. ويعود تجويف الفم لينقسم من جديد إلى قسمين، غير أن القسم الأكبر في هذه المرة يقع أمام اللسان، ويقع القسم الأصغر خلف اللسان، على حين يكبر التجويف الثالث الواقع فيما بين الأسنان والشفتين لدرجة ملحوظة، هكذا يتخذ الفم في مجموعة منظراً جانبياً يكاد يكون على هيئة أنبوب ممتد. ويعمل كل تجويف من التجاويف الفرعية الثلاثة التي أشرت إليها في الرسم بالأرقام ١، ٢، ٣ عمل غرفة الرنين، إذ تصير تجاويف الهواء المحبوس مستجيبات للرنين تتحدد خصائصها الأكوستيكية بحجمها وشكلها، ويكون لكل منها - كالهواء المحبوس في زجاجة - تردده الطبيعي. ونعني بالتردد الطبيعي للتجويف - التردد الذي يحدثه التجويف عندما يهتز ليصدر صوتاً بنفسه، أو عندما يستجيب بالرنين لصوت يأتي إليه من مصدر خارج عنه.

وحين يكون أي تردد من الترددات التي لها علاقة بالتجاويف موجوداً في النغمة الحنجرية الصادرة من الحنجرة - وهذا الاحتمال وارد جداً بسبب ما تتميز به النغمة الحنجرية من تركيب معقد - حينئذ يقوم التجويف أو التجاويف المعنية بعملها كمستجيبات للرنين. وسيغير هذا الرنين تركيب العلاقة بين «التردد - القوة» التي تميز النغمة الحنجرية؛ أي أنه سيغير نوعية النغمة الحنجرية *quality*. (يضاف إلى ذلك أن النغمة الحنجرية سيجري تعديلها - كما سبق أن ذكرت - بإضافة بعض الترددات التي ستتولد من الاحتكاك والاهتزاز في الأجزاء اللحمية والعظمية من جدران البلعوم. ولكن هذه الإسهامات في عمومها جديرة بالإهمال لعدم إسهامها في تحديد خصائص الأصوات الرنانة، ولاسيما أصوات الكلام التي تنتمي إلى فئة الصوائت)، كما ستنال هذه الترددات المعيَّنة أيضاً بعض التقوية. وإذا كان

إصدار الصوتيمات /a, i, u/ يتأثر بما يعرض للنغمة الحنجرية ذات التركيب البالغ التعقيد من ظروف الرنين والتقوية - وهي ظروف بالغة التنوع أيضاً - فلقد بات واضحاً أن هذه الصوتيمات ستعطينا - حتى على فرض اتحاد الدرجة في النغمة الحنجرية *glottal pitch* - رسوماً ذبذبية *ocillograms* وطيفية *spectrograms* ويختلف بعضها عن بعض اختلافاً مبيناً - كما أننا سنلاحظ عند النظر في أنواع هذا الاختلاف بين فئاتها أنه اختلاف يميز بعضها من بعض تمييزاً نمطيّاً.

ولما كانت الصوائت - فيما يبدو - توصف وصفاً نطقيّاً دالاً وكافياً (حتى وإن لم يتصف بالكمال)، وذلك بتحديد أبعاد وضع اللسان والفك والأسنان - فإن للسائل أن يطرح سؤالاً له ما يسوغه، وهو: هل سيوضح تصوير هذه الأبعاد على الرسم الطيفي بطريقة آلية ومقنعة - ما يدركه المتكلم بلغة يشتمل نظامها على هذه الصوتيمات الثلاثة من تميز صوتيمي بينها(١٤)؟

* * *

القسم الثالث

الصوتيات الطيفية



الفصل الثالث عشر

الأصوات الطيفية

عند تصميمي للتكوين الطيفي في النغمة المبينة في شكل (١١) فعلت أموراً ثلاثة:

أولها: أنني اخترت موجة بالغة البساطة (إذا ما قورنت بأصوات الكلام) تتألف من مكونين فقط.

وثانيها: أنني اخترت صوتاً مستطيلا *sustained* ذا موجة منتظمة ومكرورة إلى ما لا نهاية؛ ولذلك أستطيع - باختيار أي نقطة على طول المدى الزمني الذي تستغرقه الموجة - أن أحصل على صورة صادقة للصوت، فهو دائماً صوت ذو قوة معينة عند التردد ٢٠٠ ذ/ث، وذو قوة معينة عند التردد ٦٠٠ ذ/ث. ومن ثم يكون الرسم التخطيطي في الشكل (١١) تمثيلاً تصويرياً طيفياً كاملاً ودقيقاً لهذا الصوت.

وثالثها: أنني استخدمت صوتاً غير مضمحل.

ولكن كلام البشر لا يسود فيه أي ظرف من هذه الظروف الثلاثة، ولم يكن قبولي لها في معظم الرسوم التوضيحية التي قمت بها حتى الآن إلا بهدف التبسيط. ولذلك يُواجَه المرءُ في تحليل الكلام بقدر من التعقيد أكبر يَرِدُ على هذه الثلاثة جميعاً:

فالقوة **أولاً:** ليست مصاحبة لترددين فقط، ولكنها مصاحبة لعدد كبير من الترددات (انظر التركيب المعقد في النغمة الحنجرية).

وثانياً: عنصر الزمن عنصر جوهري؛ إذ ليس ثمة صوت من أصوات الكلام يستمر عادة أكثر من جزء من الثانية، ولأن كل أصوات الكلام تستمد شكلها النمطي في التصوير الطيفي من البعد الزمني.

وثالثاً: أصوات الكلام أصوات مضمحلة، وينبغي أن تحلل بطريقة يظهر فيها أثر الاضمحلال مرئياً في الرسم.

وإذا أردنا أن ننجز تحليلاً يمنح كل هذه المظاهر المعقدة وزنها الصحيح فليس من الممكن أن نكتفي بأن تطلب إلى شخص ما أن يتكلم بدرجة مناسبة من البطء، وأن يطيل النطق بصوتيماته حتى نتمكن من الحصول على صورة أوضح لبعضها على الأقل على الرغم مما تتسم به من سرعة الزوال. وسبب ذلك أن المطل المتعمَّد للنطق في فم المتكلم يغير التركيب الأكوستيكي الصحيح لأصوات الكلام ويفسده. (ويلاحظ أن هناك طريقة لمطل الأصوات، ولكنها تتم عن طريق جهاز يمكن التحكم فيه يسمى ممطال الكلام *speech stretcher*، ولكن هذا الجهاز يعمل بتسجيل طبيعي وأصلي للكلام).

ويمكن أن نلبِّي أول مطلب من المطلبين اللذين فرغت لتوي من ذكرهما تلبية مبدئية بإيجاد نوع من التنظيم بَيَّنه لنا الشكل «١٤»، وفيه نجد منظومة من المرشحات المستجيبة للرنين جرى تحديدها بحيث تستجيب لترددات معينة نختارها أيضاً. وبالإضافة إلى منظومة المرشحات يستخدم شريط ورقي متحرك تسجل عليه وجود القوة التي يثار بها المرشح على البعد الزمني. ونحن بهذه الطريقة نتخلى عن التحديد الكمي الدقيق لمحدِّد ثالث ونعني بهذا المحدِّد كمية القوة الموجودة (وإن كنا لا نتخلّى بالضرورة عن الإشارة إليها إشارة تقريبية). وعلة هذا التخلي هي أن علينا أن نحصل على تصوير ثنائي البعد وليس ثلاثي الأبعاد.

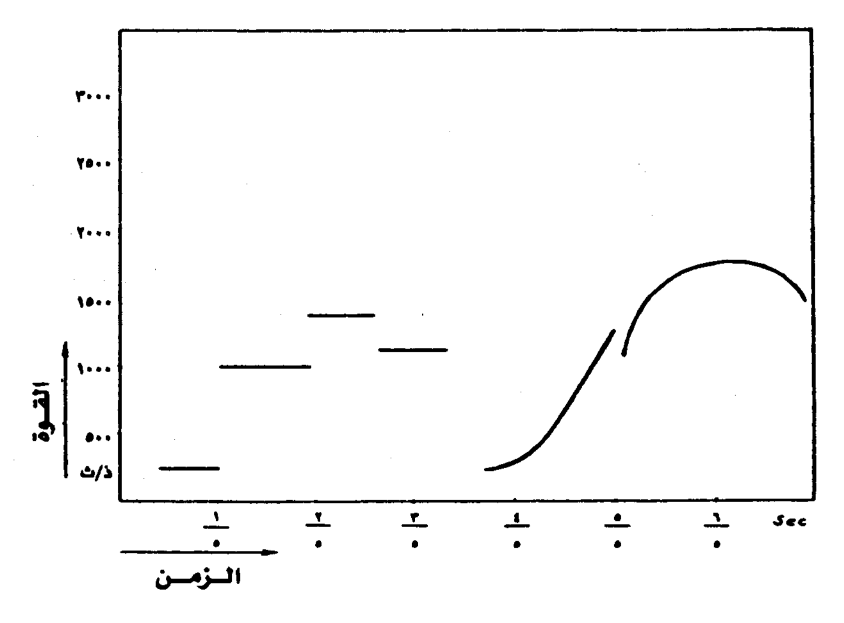
وأما المطلب الثالث، وهو ضرورة أن نولي الاضمحلال عناية مناسبة - فيمكن تحقيقه باستخدام مرشحات ملائمة، أي أجسام رنانة مضمحلة. كما

يمكن الحصول على العينة المناسبة والمنضبطة من الكلام المراد تحليله باستخدام التسجيل بديلاً للمتكلم الحيّ.

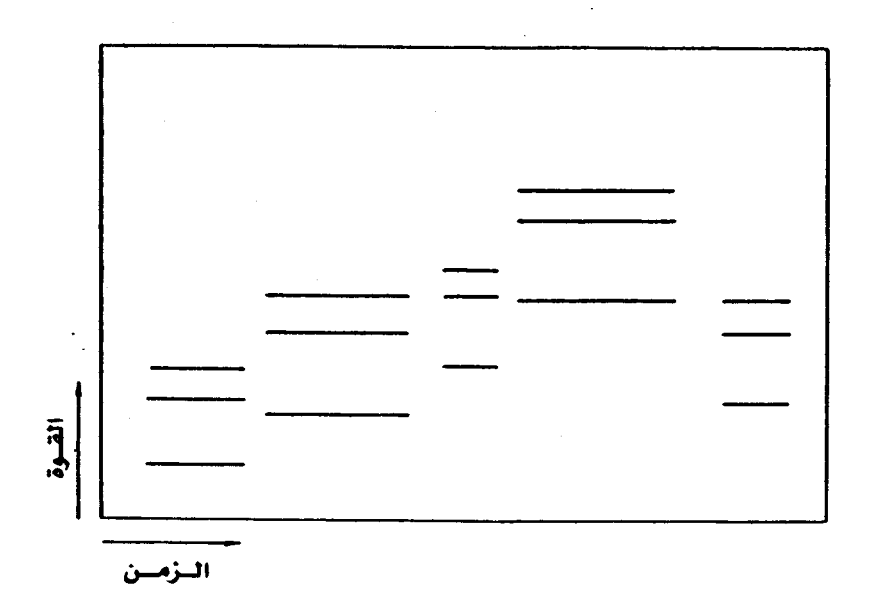
والآن سأعرض سلسلة من الرسوم التوضيحية الطيفية، تتدرج في تعقيدها بحيث تقودنا خطوة خطوة نحو الوفاء بما أوردته حتى الآن من الشروط والمتطلبات التي تحقق الرسم الطيفي الكامل، والتي ينبغي على المطياف أن يلبيها.

يمثل الشكل (١٦) رسماً تخطيطاً طيفياً، ويشير كل خط على البعد الأفقي إلى وجود القوة، وإلى مدة استمرارها مع الترددات التي جرى ترتيبها على البعد الرأسي. ولكن عليك أن تلاحظ أنني قد اخترت مؤقتاً ولمرة أخرى تتابعاً من الأصوات، يشتمل كل صوت فيه على تردد واحد هو تردد الأساس، كما تنعدم فيه النغمات العليا. ومن الواضح أن هذه الأصوات ليست من النوع الذي يَصّدر عن معظم الآلات، فضلاً عن أن تكون من جنس أصوات الكلام. والأجدر بهذه الأصوات أن تكون نغمات صادرة عن شوكات رنانة مثالية، تقرع قرعاً متتابعاً، أو هي نغمات آلة الأوكارينا أو الصفير الذي يطلقه الإنسان بفمه. ويدوّن النصف الأيسر من الرسم لحناً مؤلفاً من أربع نغمات عزفت على التوالي، أو عزفت عزفاً متقطعاً *staccato*. أما النصف الأيمن الذي يسمى بصفير الذئب *walf - whistle*، وهو الصفير الذي يستخدمه الشباب ليعبروا بالصوت لا بالنطق عن الإعجاب بفتاة لطيفة. ولذلك لا يبدو هذا الصفير على هيئة سلسلة متقطعة بل يبدو فيه الانزلاق من تردد إلى آخر. وسيكون الكلام في أساسه من النمط الانزلاقي.

والرسمان التوضيحيان الآتيان هما رسمان طيفيان لنغمة أكثر تعقيداً؛ فالشكل (١٧) لحن عزفته آلة من آلات الكمان، والشكل (١٨) هو صوت «صفير الذئب» نفسه ولكنه معزوف بالبوق. ولم تظهر في هذا الرسم التخطيطي كل النغمات العليا التي تشتمل عليها النغمة الصادرة من كلتا الآلتين. وقد عزفت

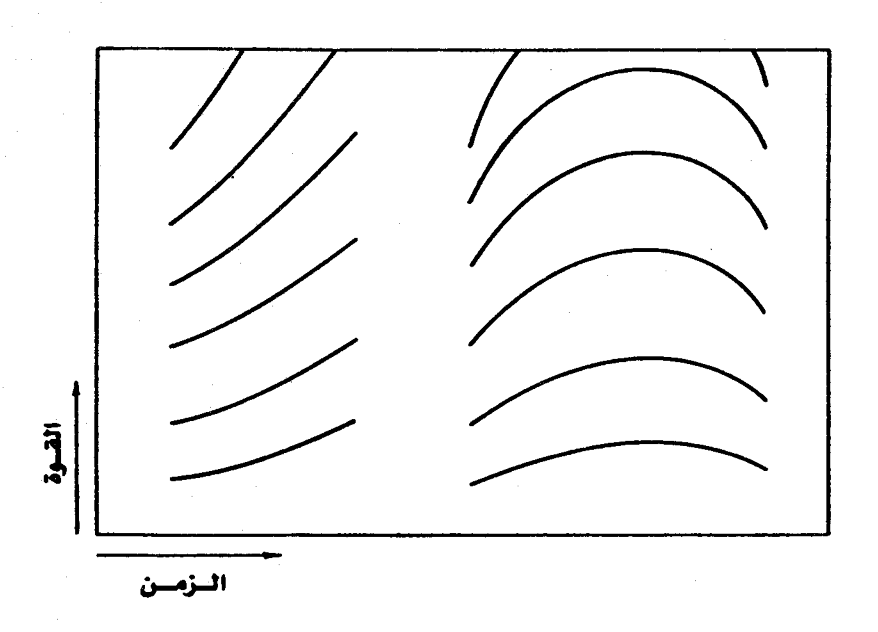


شكل ١٦ . مخطط طيفي لنغمات بسيطة



شكل ١٧ . مخطط طيفي لنغمات مركبة مقطعة

نغمات الكمان على نحو متقطع، أما نغمات البوق فقد عزفت بطريقة انزلاقية متصلة *sliding legato*. وكلا الرسمين الطيفيين مصنوع باستخدام مرشحات مثالية ذات تردد محدد، فهي لا تسمح إلا بمرور تردد واحد. (لاحظ أن الرسم يظهر فيه ارتفاع درجة نغمة الأساس، يصحبه زيادة الانحدار أو الارتفاع النسبيين في منحنيات النغمات التوافقية العليا إذا ما قورنت بالنغمات



شكل ١٨ . مخطط طيفي لنغمات مركبة متصلة

التوافقية السفلى. ويرجع السبب في ذلك إلى أن النغمات العليا - نظراً لكونها مضاعفات لنغمة الأساس - يزيد ترددها بمعدل أسرع من معدل زيادة تردد نغمة الأساس. ونحن إذا سجلنا قراءة لتردد نغمة الأساس عند نقطتين زمنيتين متتاليتين مثل ١٠ذ/ث و ٣٠ ذ/ث فسيكون تردد النغمة التوافقية الثانية في النقطتين المناظرتين هو ٢٠ ذ/ث و ٦٠ ذ/ث، ويكون تردد النغمة

التوافقية العاشرة هو ١٠٠ ذ/ث و ٣٠٠ ذ/ث - وهذا يعني أن الفارق بين مستوى التردد العلوي والتردد السفلي كان عند نغمة الأساس ٢٠ ذ/ث فقط، ثم زاد إلى ٤٠ ذ/ث في النغمة التوافقية الثانية، ووصل إلى ٢٠٠ ذ/ث في النغمة العاشرة).

والآن صار في حوزتنا ورقة يجري تدوين القوة الموجودة على صفحتها، ويقوم بالتدوين قلم ينشط بفعل هذه القوة - ونظراً لأن هذه الورقة تتحرك من اليمين إلى الشمال فإن القلم لن يترك عليها إلا آثاراً أفقية يمثل طولها المدة التي ينشط خلالها القلم؛ أي الزمن الذي تظهر في أثنائه القوة مصاحبة لمستوى معين من التردد. وهذا يعني أن القلم في حالة نشاطه لا ينتج في حقيقة الأمر إلا الآثار الأفقية فحسب. أما الخطوط التي تبين توافقيات نغمة البوق، وكذلك التي تمثل نغمة الصفير في الشكل (١٦) فقد جرى رسمها يدوياً، وذلك بطريقة نورد فيما يلي شرحاً لها:

إن اللحظات التي تقترن فيها الترددات المرشحة بكميات كافية من القوة لا تظهر إلا على هيئة نقط لحظية. ويتحدد مكان النقط في كل مستوى يتم ترشيحه بمكان حدوثها الدقيق على البعدين الرأسي والأفقي، أي من حيث الذبذبات والزمن، ثم إننا قمنا بتوصيل النقط لتنتج الخطوط المبينة للنغمات التي أسلفنا الإشارة إليها. ومن الواضح أن القلم لا يقوم بتدوين أي آثار إلا عند النقط التي ينشط فيها فعلاً، وذلك بفعل الطاقة التي تمر من خلال المرشح، وأما الترددات الأخرى التي لا ترشح فإنها تمر دون أن تُلاحَظ أو تدون. ونظراً لأننا نعالج هنا أداءً من النوع المتصل، يتميز بالانزلاق من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى - لذلك لن يثار المرشح إلا إثارة لحظية سريعة، أي في اللحظة التي تقوم فيها نغمة توافقية صاعدة أو هابطة بتمرير ترددها من خلاله[1]. وهذه الطريقة؛ أعني طريقة إكمال المنحنى بواسطة توصيل النقط المتباعدة التي تكون جزءاً من المنحنى - هو أمر جائز بشرط

أن تكون الفجوات الزمنية بين النقط ضيقة بدرجة كافية، وذلك حتى لا تجعل من تحديد مسار المنحنى تخميناً لا يستند إلى أساس. إن المنحنى الذي يمثل التغيرات الطارئة على درجة حرارة مريض بالحمى، والذي يُرْسم بناء على قائمة بدرجات حرارة المريض هو منحنى صحيح ما دام الذين قاموا برسمه قد سجلوا قراءات كافية خلال الوقت الذي يمثله المنحنى. (ومن الصعب أن نجوِّز - على سبيل المثال - تدوين حرارة المريض مرتين في اليوم: في الساعة السادسة صباحاً وفي السادسة مساءً، ثم نقوم بتوصيل ما بين النقطتين بخط مستقيم أو خط منحنٍ بناء على التخمين). ولو افترضنا أن صورة المنحنيات المرسومة باليد في الشكل (١٨) يمكن أن يكون له ما يسوغه بوجه عام فإن من الواضح أن العالِم في المجال التجريبي خليق بألا يقنع بآلة تترك مثل هذا المجال الكبير للقائم بالتجربة؛ حيث يمارس حرية الاختيار - ونحن نستطيع أن نكمل الصورة الطيفية الخاصة بنغمة البوق بقدر معقول من اليقين على النحو المبين في الشكل (١٨)، وذلك لأننا نعلم أن انزلاقاً بسيطاً إلى أعلى أو إلى أسفل يحدث لأسباب ترجع إلى خواص الآلة والنغمة التي جرى عزفها. غير أن أصوات الكلام هي - من وجهة أخرى - أكثر تعقيداً، وهي ذات ترددات تتغير على نحو فائق السرعة والأهمية، وهي لذلك غير قابلة لعمليات حشو يقوم بها ملاحظ التجربة، إذ إن فرص وقوع الخطأ هنا أكبر على نحو ليس له مثيل.

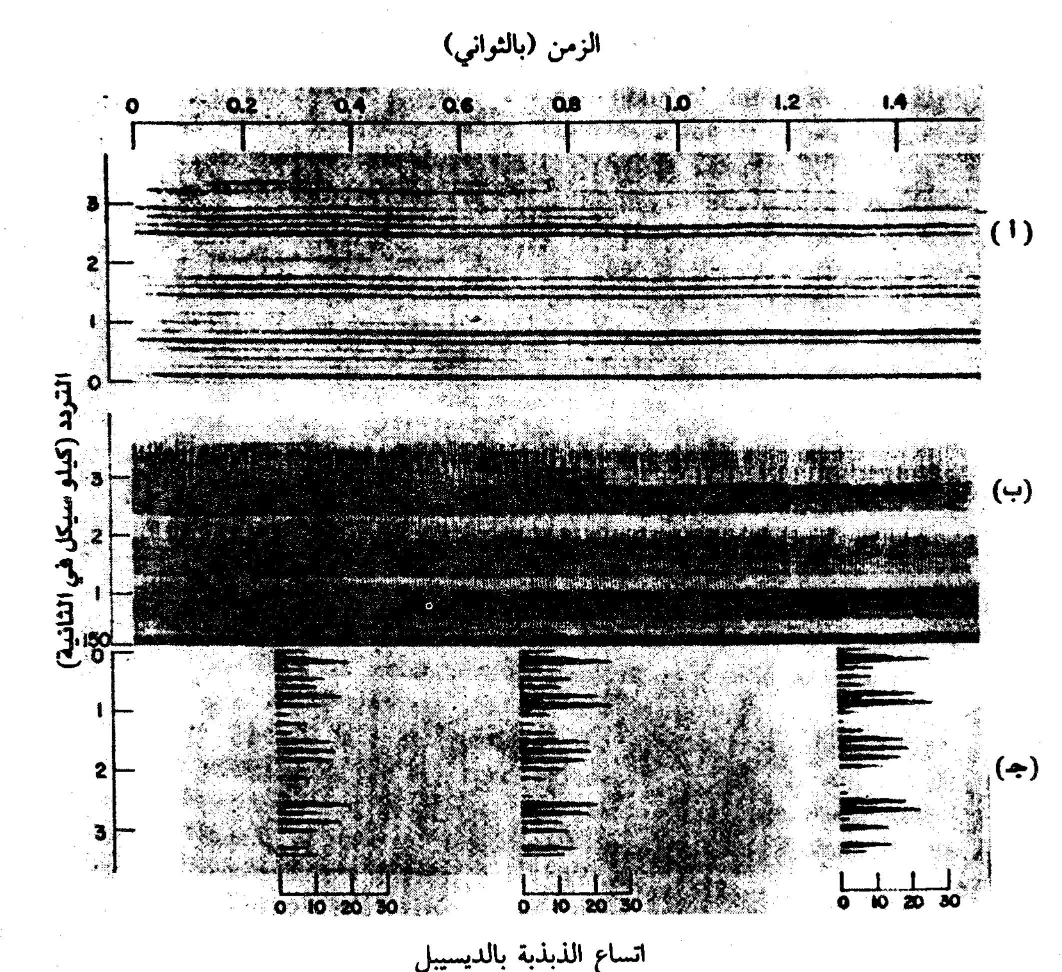
ومن ثم كان على المطياف أن يلبي لنا مطلباً آخر، وهو أن يمدنا بصورة تتمتع بالاستمرارية لتصور لنا ما يطرأ على الترددات المتقطعة والمتصلة من تغيرات بحيث يكون التصوير سليماً وتلقائياً.

وتشتمل الصورة الطيفية في الشكلين (١٧) و (١٨) على إشارة تقريبية للتغيرات والفروق التي تطرأ على القوة، ويأتي ذلك على هيئة تنويع في درجة

سواد الخطوط يمثل تنويعاً في ضغط القلم على الورقة. وعندما يقوم القلم عن طريق شرارة كهربية بعمل آثار سوداء على ورق حساس فإن التنوع في درجة سواد الخطوط يمكن أن يمثل تنوع كميات الجهد الكهربي الذي يثير القلم. وكلما زادت القوة الموجودة زاد الضغط أو الجهد، ونشأ عن ذلك زيادة أثر السواد الذي يحدثه القلم.

وفي تحليل الكلام بطريقة التصوير الطيفي ستَترك الأجزاء المتتابعة التي يتكون منها نطق المتكلم - وهي التي تسمى أصواتاً أو تنوعات لصوتيمات لغة هذا المتكلم - آثارها على ورقة التصوير تماماً كما فعلت النغمات المتتابعة في المعزوفتين الموسيقيتين اللتين سجلتا في الشكلين (١٧) و (١٨). لذلك سأطلق على هذه الصور المرئية للعناصر اللغوية مصطلح **الأصوات الطيفية** - *spectro phones*. وإذا استحضرنا ما تتميز به أصوات الكلام من تعقد وتنوع توقعنا أن تكون الصور التدوينية للأصوات الطيفية على درجة من التعقيد أكبر من كل ما ناقشناه من صور حتى الآن.

* * *



الشكل ١٩ . رسم طيفي لنغمة مستطيلة عزفت بآلة الشيللو (١٥٠ذ/ ث) .

(أ) بالنطاق الضيق : ٥٠ ذ/ ث .

(ب) بالنطاق الواسع : ٣٠٠ ذ/ ث

(جـ) تقاسيم اتساع الذبذبة .



الفصل الرابع عشر

المطياف

الجزء العلوي والأوسط من الشكل (١٩) هما رسمان طيفيان حقيقيان، تَمّ صنعهما بجهاز المطياف - أما كيفية صنعهما وكيف يمكن للباحث أن يقرأهما فهذا ما سأصفه تفصيلاً فيما يأتي من الفصول. وأكتفي هنا بأن أقول: إنهما يصوران **نغمة موسيقية مستطيلة** *sustained* ترددها ١٥٠ ذ/ث عزفت على آلة الشيللو، ويوضحان الترددات التي يتكون منها الصوت فيما بين الصفر و ٣٦٠٠ ذ/ث (الكيلو سيكل يساوي ١٠٠٠ سيكل).

وعلى الرغم من أن النغمات العليا التي تتجاوز ٣٦٠٠ ذ/ث قد تكون ذات أهمية في هذا المقام فإن الترددات التي تقع فوق ٣٦٠٠ ذ/ث لن تكون ضرورية لتحليل معظم أصوات الكلام إلا بالنسبة للتجارب التي تتطلب مزيداً من الدقة. ويتم الترشيح على مسافات يفصل كلاً منها عن الأخرى ١٨ ذ/ث. وإذا كان العرض الكلي للترددات هو ٣٦٠٠ ذ/ث فإنه بقسمة $\frac{٣٦٠٠}{١٨}$ سيكون الناتج ٢٠٠ (مئتي تدوين) لتحديد الترددات على البعد الرأسي. أما الزمن، وهو في حالتنا هذه حوالي $\frac{١}{٢}$ ١ (ثانية واحدة ونصف الثانية) - فقد تم تدوينه على البعد الأفقي. ونستطيع على الرسم الطيفي الواحد أن نسجل مدة زمنية تصل إلى ٢,٣ ثانية. أما تحديد الحد الأقصى للطول فقد جاء تبعاً للمتطلبات الفنية للجهاز[٢].

والرسم الموجود في الجزء العلوي من الشكل (١٩) هو رسم طيفي تم صنعه بطريقة **الحزام الضيق** *narrow band*، أي حزام من الترددات عرضه

٥٠ ذ/ث. وقد سمي بذلك لأن الآلة التي تستخدم للترشيح فيه لا تستجيب لتردد واحد فقط ولكن لكل الترددات التي تقع في مجال حزام عرضه ٥٠ ذ/ث؛ بحيث يقوم المرشّح بتجميع القوة الموجودة عند تردده المركزي بالإضافة إلى الترددات الواقعة تحت هذا التردد المركزي وفوقه بما مقداره ٢٥ ذ/ث في كلا الجانبين. ولكي نحقق هذا المطلب - وسيذكر ذلك من باب التكرار لنذكّر القارئ بما أسلفنا بيانه - علينا أن نستخدم مرشّحاً يشبه في خصائصه الفيزيائية خصائص الشوكة الرنانة المضمحلة التي عرضنا أمثلة لها في الشكلين (١٣ B) و (١٣ C) لا خصائص الشوكة الرنانة المثالية المبينة في الشكل (١٣ A). ويتفق هذا الرسم الطيفي في جوهره - إذا صرفنا النظر عن عرض الحزام - مع الرسمين الواردين في الشكلين (١٧) و (١٨). وتتميز هذه الخطوط الرمادية التي تمثل نغمة الأساس (عند ١٥٠ ذ/ث) والنغمات العليا (عند مضاعفات ١٥٠ ذ/ث) في الرسم - عن الخطوط الموجودة في الشكلين (١٧) و (١٨) بأنها تظهر أفقية وغير متقطعة؛ لأن نغمة الشيللو التي صورت طيفياً هي نغمة متصلة وثابتة على درجة واحدة.

والصورة الوسطى هي رسم طيفي للنغمة نفسها صنعت بمرشح عرضه ٣٠٠ ذ/ث. وسأناقش تفصيلاً في الفصل السادس عشر أسباب اتخاذ الصورة لهذا الشكل الذي تبدو عليه، والهدف من صنعها على هذا النحو.

وتوضح الصورة السفلى من الشكل (١٩) ثلاثاً مما يسمى قسائم اتساع الذبذبة *amplitude sections*، وتقوم الآلة نفسها بصنع هذه القسائم (بعد إعادة ضبطها بطريقة معينة). وتصور قسائم الاتساع هذه ما سبق أن بيّنه الشكل (١١)؛ وهو التكوين الطيفي للصوت الذي أخضعناه للفحص؛ غير أننا هنا قد مثّلنا البُعد الخاص بالزمن مع البُعد الخاص بالقوة[٣]، وهكذا تمثل كل قسيمة من قسائم الاتساع الثلاث لقطة مصورة من النغمة، التقطت في لحظة من

اللحظات الواقعة على التدريج الخاص بالزمن. وتصور الآلة تدريج الزمن - بالنسبة لأي قسيمة من قسائم الاتساع - على **خط القاعدة** ***baseline*** الذي يمتد رأسيّاً. ولما كانت نغمة الشيللو ثابتة - لذلك كانت اللقطات المصورة الثلاث متماثلة بقدر ما يمكن لعازف الشيللو أن يصدر نغمة لا تتغير ولا تضطرب خلال $\frac{١}{٢}$ ثانية. أما قسائم الاتساع في أصوات الكلام فلن تظهر فيها خاصية الثبات، إذ إنه لا القوى ولا الترددات يتمتع أي منها في أصوات الكلام بالثبات. والواقع أن طيف الصوت يتغير في كل جزء من الثانية، ومن ثم إذا أضيفت صورة لقسائم الاتساع مصاحبة للتصوير الطيفي للكلام على مدى الحدث الكلامي كله فلا يمكن أن تظهر إلا مواقع قليلة نختارها. ويمثل الشكل (٢٠) رسماً تخطيطياً للمطياف، تلك الآلة التي أخرجت لنا الرسوم الطيفية في الشكل (١٩). وليس من الضروري بالنسبة لما نستهدفه الآن أن نتوغل في التفصيلات الفنية حول تركيب الجهاز[٤] وعمله، ولكني سأناقش ما ينبغي على اللساني أن يعرفه.

يزيد عرض قطعة الورق التي يظهر عليها الرسم الطيفي على البوصتين قليلاً، وأما العرض الفعلي لتمثيل الأصوات بطريقة التصوير الطيفي فيشمل بوصتين بالتحديد. ويغطي الورقة فيلم مصنوع بطريقة تجعله حساساً للاحتراق الكهربي وكذلك يترك قلم التدوين عليها بواسطة الشرارة الكهربية أثراً قاتم اللون. (لاحظ أن العلامات ستختلط إن أمسكت الورقة بدون عناية). وتلتف الورقة حول أسطوانة تدور بطريقة تزامنية مع شريط وضعت عليه الرسالة المسجلة. وخلال عملية التحليل يتكرر النطق بالرسالة المسجلة ويعاد ٢٠٠ مرة. والسبب في تنظيم الأمور على هذا النحو المعين هو ما يأتي:

لو أننا استخدمنا في المطياف الذي أخرج لنا الشكل (١٩) جهازاً بالغ الفجاجة كمنظومة الشوكات الرنانة التي في الشكل (١٤) (حتى لو كانت

مضمحلة ذات مجال ترشيحي معين) فلا بد للآلة من أن تحتوي على عدد يصعب التعامل معه من الشوكات الرنانة المنفصلة، أو من أي مرشحات أخرى يبلغ عددها المئتين. وقد تم حل هذه المشكلة الهندسية بتشغيل الجهاز بمرشح واحد يشتمل على وسيلة قادرة على التكيف والانتقال من نغمة إلى اخرى *modulator* ووسيلة للتذبذب بطريقة متنوعة *variable oscillator*؛ أي أنه يشتمل على مرشح رنان واحد يكيف نفسه مع الترددات المتنوعة تباعاً، مرشحاً إياها واحداً بعد الآخر، وذلك في حركة تزامنية مع الجهاز أثناء عمله. ويتطلب هذا الأمر بطبيعة الحال - ألا يغذى الجهاز بالرسالة المراد تحليلها بواسطة المطياف مرة واحدة فحسب، حتى نحصل على تحليل لجميع الترددات في وقت واحد. إن علينا أن نغذيه بهذه الرسالة مرات متتالية نحصل في كل مرة على ترشيح لتردد واحد في زمن ما، أي أن الرسالة تتكرر مع كل عملية ترشيح على مسافات ثابتة ومعينة (بالذبذبات) من بدايتها إلى نهايتها. ومطيافنا مُهيّأً للقيام بمئتي جولة ترشيحية ليغطي مجموع مجال الترددات البالغ ٣٦٠٠ ذ/ث على مسافات تبلغ كل منها ١٨ ذ/ث.

وليس في إمكاننا - حينئذ - أن نعتمد على راوية من البشر لكي يعيد نطقاً ما، أو يعيد عزف نغمة أو أغنية ما مرتين متواليتين، ملتزماً بكيفية أكوستيكية واحدة التزاماً دقيقاً بَلْه أن يعيدها مئتي مرة استجابة لما يتطلبه المطياف، فضلاً عما يستلزمه هذا الأداء من وقت وجهد. وحين يكون لدينا مطياف قابل لتحليل عينة من الكلام تستغرق ٢,٣ ثانية، ونريد أن نزوده بالمُدخل الأكوستيكي اللازم *acoustic input* يكون على المتكلم أن يعيد نطقه دون أدنى تغيير مئتي مرة في حوالي سبع دقائق ونصف الدقيقة، وهذا محال؛ ولذلك تسجل شريحة الكلام المراد تصويرها طيفياً على شريط، ويغذي هذا التسجيل الجزء القائم بالتحليل في جهاز المطياف بالعدد المطلوب من المرات، حيث يُستخرج من مجموع الترددات في كل مرة من مرات الأداء

المتعاقبة تردد واحد، أو بالأحرى حزام واحد من الترددات بواسطة مرشح ذي قدرة على تغيير تردداته. وعندما يوجد في نقطة ما تردد أو مجموعة من الترددات يمررها المرشح في لحظة معينة - ينشط القلم المتحرك متخذاً مساره على اتساع الأسطوانة بشكل تزامني مع جولة المرشح ويسجل المثير على الورقة.

وإذن فالشريط والأسطوانة يقومان بمئتي جولة لتحليل كل تسجيل. وليس ثمة قول نهائي حول هذا العدد، إنه مجرّد عدد وجد أنه ملائم ومقنع، ومن الممكن أن يكون عدد جولات الاختبار أكبر أو أصغر. وكذلك الأمر بالنسبة لأفضل مدة تستغرقها عملية واحدة لتحليل شريحة من الكلام، إذ وجد - بالملاحظة والاختبار - أنها ٢,٣ ثانية. وقد جاء هذا التحديد على أساس ما يستلزمه الحجم المعقول للجهاز، والمدة المعقولة للتحليل. ومجموع الوقت اللازم لإتمام الرسم الطيفي سبع دقائق ونصف، غير أن في إمكاننا الإسراع بعملية التحليل بحيث لا تستغرق إلا دقيقتين ونصفاً دون أن يتسبب ذلك في تشويه الصورة.

ومع كل جولة للشريط والأسطوانة؛ أي مع كل إعادة للرسالة يكمل القلم جولة حول الأسطوانة. غير أن هذه الدائرة - على أي حال - ليست دائرة هندسية صحيحة؛ لأن القلم لا يسير في جولة على مستوى واحد، ومن ثم فإنه لا يقفز في نهاية جولته إلى نهاية المسافة الفاصلة بين جولتين وهي ١٨ ذ/ث(٥). والصحيح أن يتبع مساراً تدريجياً ليغطي في كل جولة مسافة ١٨ ذ/ث حتى يكون في نهاية كل جولة من جولات الأسطوانة في وضع أعلى من نقطة بدايتها بمسافة ١٨ ذ/ث؛ أي أنه يكون في الوضع الصحيح لبداية الجولة التالية. ونقول بعبارة أخرى: إن القلم يقوم برسم دوران حلزوني. وعلى ذلك،إذا ابتدأ القلم من الصفر فإنه ينهي جولته الأولى عند ١٨ ذ/ث، ثم

يتحرك في الجولة التالية من ١٨ ذ/ث إلى ٣٦ ذ/ث. وبطبيعة الحال أننا عندما نحرك الورقة بعد انتهاء الرسم الطيفي بعيداً عن الأسطوانة وبسطها سيظهر الدوران الحلزوني مقسماً إلى مائتي خط؛ وستكون هذه الخطوط أفقية تقريباً، ولكن مع انحراف ضئيل جداً؛ إذ تنحرف نهاية كل خط منها على الجانب الأيمن بمقدار $\frac{١}{٢٠٠}$ من البوصتين (وهو المجموع الكلي لعرض الصورة مقسوماً على المجموع الكلي لعدد جولات الأسطوانة)؛ أي أن نهاية الخط على الجانب الأيمن تكون أعلى من بدايته على الجانب الأيسر بمقدار ٠١, من البوصة. وهذا الانحراف الضئيل عن أفقية الخط غير ملحوظ. والخطوط المئتان تنحرف بزاوية واحدة، ولذلك فهي متوازية.

ولا يسلك القلم سلوك نظيره في الترمومتر والبارومتر. إنه لا يدون بالفعل خط سيره كله على الورقة، وإنما يترك أثره في اللحظة التي ينشط فيها وعند التردد الذي يحركه؛ ولذلك نادراً ما يتألف الرسم الطيفي من مئتي خط، تكون كلها خطوطاً متوازية ومنحرفة قليلاً عن المستوى الأفقي. وحتى إذا استطاع أحد أن يصدر نغمة تظهر في التصوير الطيفي على هذا النحو (وينبغي أن تكون ثابتة، وأن تكون درجتها الأساسية ١٨ ذ/ث، وأن تشتمل على كل التوافقيات الممكنة حتى ٣٦٠٠ ذ/ث) فلن تكون هذه النغمة عينة من الكلام تستغرق ٢,٣ ثانية؛ إذ لا وجود في الكلام العادي لصوت بمثل هذه الدرجة من الثبات الذي لا يقبل تغييراً، كما أننا لا نعرف من أصوات الكلام صوتاً درجته الأساسية ١٨ ذ/ث؛ ويشتمل على مئتي نغمة توافقية تصل إلى ٣٦٠٠ ذ/ث.

ومن المعتاد حينئذ أن يثار القلم إثارة متقطعة حين تتمتع الترددات التي يقوم الجهاز بتحليلها في لحظة معينة بالقوة الكافية. وربما توجد هذه القوة على امتداد معيّن من الزمن، وتدوّن تبعاً لذلك على هيئة خط على البُعد

الأفقي، أو تظهر على هيئة نقطة إن كانت مختصرة جداً؛ ويفصل مكان التدوين عن خط الأساس *baseline* مسافة مساوية لتردد القوة (قارن الأشكال ١٦، ١٧، ١٨). وإذا تأمّلنا ما قد ذكرته عن خفة حركة أعضاء النطق والتغيرات السريعة في مواضعها لإنتاج كثير من الأصوات المتتابعة واحداً بعد الآخر بتتابع سريع في مجرى الكلام العادي - بل في الكلام البطيء المتروّي في نطقه - أمكن لنا أن نتوقع صعوبة وجود ترددات ثابتة؛ أي صعوبة وجود ذلك النوع من الترددات الذي ينبغي أن يظهر في الرسم الطيفي للغة على هيئة آثار للقلم غير متقطعة وبأي طول. ويصدق هذا القول - كما ستتاح لي الفرصة لتأكيده - حتى على الصوائت التي تستغرق جزءاً معيناً من الثانية قابلاً للقياس؛ لأنه في خلال المدة التي يستغرقها نطقها والتي تدركها الأذن موحدة من الناحية اللغوية تحدث تنوعات أكوستيكية. ولذلك تنعدم فعلاً في الرسم الطيفي وجود علامات مستمرة ومتصلة يسجلها القلم.

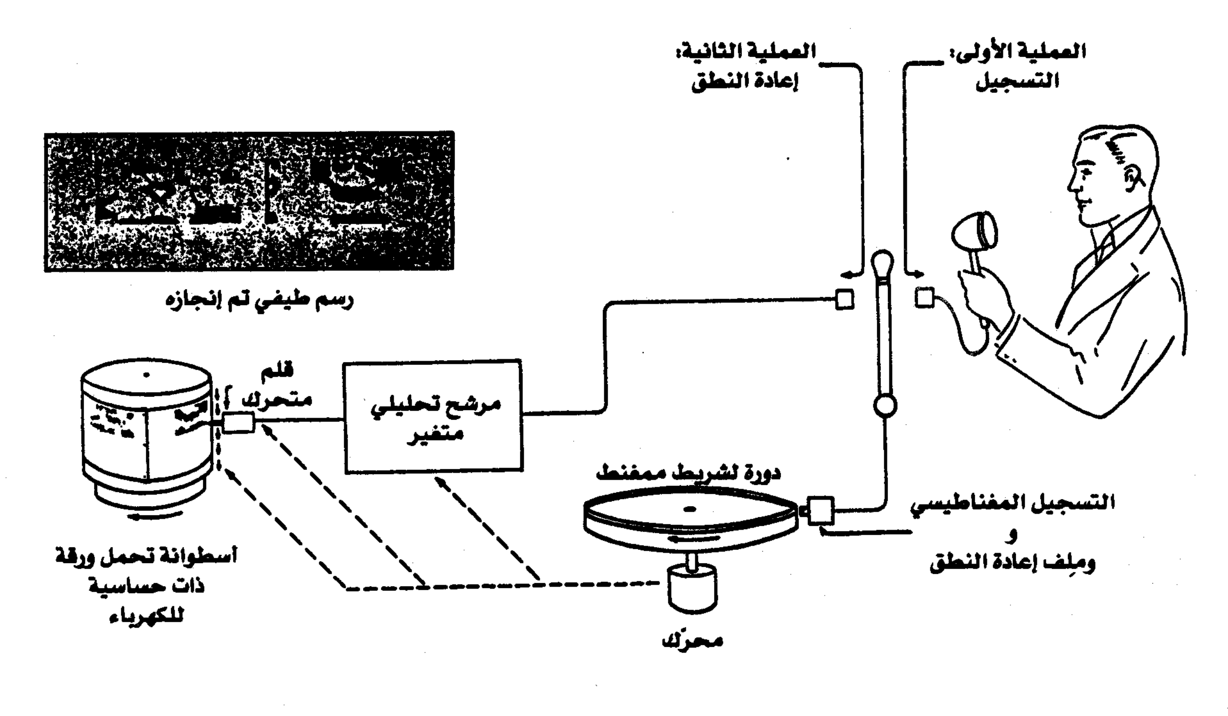
وقد أشرت عند مناقشتنا للشكلين (١٧) و(١٨) إلى أن المنحنيات قد رسمت باليد، ووعدت بأنه لن يكون ثمة ضرورة لهذا في الرسوم الطيفية التي يقوم المطياف بصنعها. ولو تصوّرنا أن الشكل (١٩) لا يمثل نغمة ثابتة ذات درجة واحدة بل يمثل لحناً انزلاقياً متصلاً فإن الخطوط الأفقية في الواقع كانت ستظهر منحرفة في هيئة منحنيات وإن كانت ستظل تبدي مظهر الاستمرار غير المتقطع.

وهذا الأثر يوضحه لنا الشكل (٢١) الذي هو رسم طيفي للّحن الموسيقي do - mi - sol - mi - do، وقد قام المغني بنطق الحركة [i] في النغمة كلها. وتمثل المنحنياتُ النغماتِ التوافقية للّحن المتصل، ويبين ارتفاعها وانخفاضها الارتفاع والانخفاض الفعلي في الدرجة، وذلك بنفس طريقة الرسم

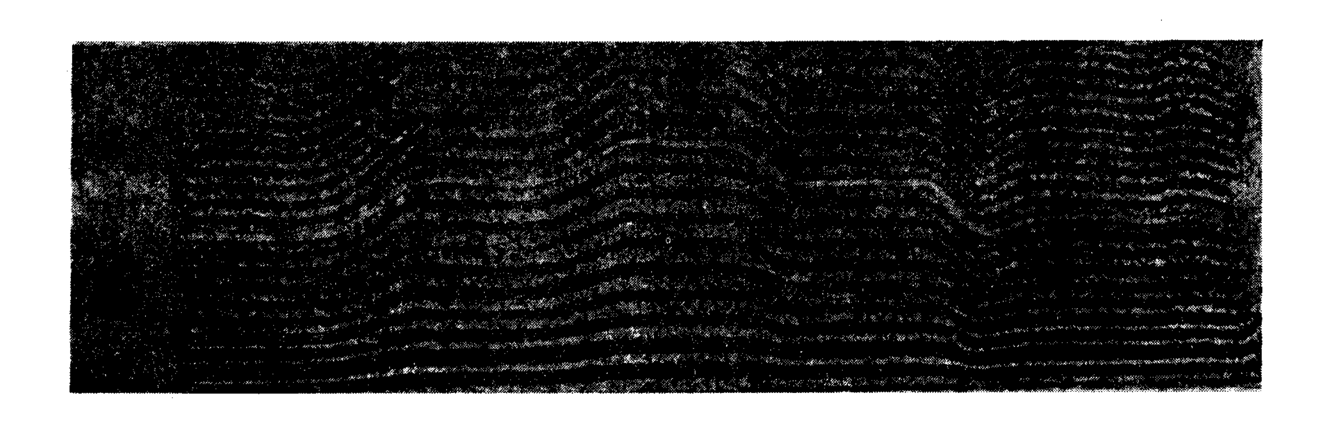
اليدوي في الشكلين (١٧) و (١٨). (وقد دوّنت النغمة التوافقية العاشرة باللّون الأبيض لمزيد من وضوح الرؤية). وسنرى في الحال أن هذا التصوير للتوافقيات على الرسم الطيفي هو الأثر المحدد الناتج عن استعمال مرشح ضيّق عرضه الترشيحي ٤٥ ذ/ث أو ٥٠ ذ/ث. ويختفي هذا الأثر عندما نزيد من عرض المرشح. وقد صنع الرسم الأوسط في الشكل (١٩) - باستخدام المرشح ٣٠٠ ذ/ث، ومع أنه يمثل بالضبط نفس النغمة التي يمثلها الرسم العلوي - الذي هو مصنوع باستخدام المرشح ٥٠ ذ/ث - إلا أن النتيجة المرئية تختلف اختلافاً كلياً. وربما يكون هذا التغيير - أو هذا التشكيل من الرسوم الطيفية - مطلوباً، وسأشرح الآن الهدف منه.

ولقد أبديت لتوي ملاحظة مؤدّاها أن القلم لا يمكنه عملياً أن يرسم خطوطاً متّصلة على النحو الذي تبدو به التوافقيات في الشكل (٢١)؛ وذلك لأنّ المسار المحدد الذي لا يمكن للقلم أن يحيد عنه سواء أكان يقوم بالتدوين أم لا - هو الدوران الحلزوني الذي يتحوّل بعد إبعاد الورقة عن الأسطوانة إلى مئتين من الخطوط المتوازية.

إن الخط المتّصل الوحيد الذي يستطيع القلم أن يرسمه عندما تنشطه درجة صاعدة أو هابطة هو جزء من الدورة الحلزونية، أو - قل - هو في كل دورة من دورات الأسطوانة جزء من أحد الخطوط المئتين - لكنه لا يستطيع في الدورة التي تستغرق ٢,٣ ثانية أن يترك مساره المحدد متحركاً إلى أعلى أو أسفل ليعترض طريق أي عدد من الترددات. ويترتب على ذلك أن المنحنيات التي تظهر في الشكل (٢١) لا بد أن تكون خداعاً بصرياً - وإن كان من أوفر أنواع الخداع البصري حظاً من التوفيق والإيضاح؛ وربما نسائل أنفسنا الآن ما الذي يتسبب في إنتاج هذا الأثر؟



الشكل ٢٠ . المطياف



شكل ٢٠ . رسم طيفي بالنطاق الضيّق للنوتة do - mi - sol - mi - do
وقد تغنى منها بالحركة [i]

الفصل الخامس عشر

المرشّح ١٨ ذ/ث

لو أن المطياف الذي بين أيدينا كان مزوّداً بمرشح مثالي لا يسمح إلا لتردد واحد بالمرور لما استجاب القلم إلا لتردد واحد. ولو أن هذا المطياف كان به مرشح تحليلي قادر على تنويع استجابته لاستجاب المرشح لتردد واحد عند كل مرة تسمع فيها الرسالة. ويبلغ تعداد هذه المرات مئتي مرة تبعاً لتركيب الجهاز على هذا النحو. ويعني هذا أن في كل مرة يسمع فيها الشريط لن يُستخلص إلا تردد واحد، وأن القلم المتصل بالمرشح لن يشير إلا إلى وجود تردد واحد على حين تمرُّ جميع الترددات المجاورة دون أن تدوّن أو تلاحظ.

ولما كانت جولات الترشيح تأتي بفاصل قدره ١٨ ذ/ث فإن ثمة مجموعات من الترددات يبلغ عَرْضها ١٧ ذ/ث سنظل نتجاهلها، كما أننا سنظل غير مكتشفين للترددات التي تقع خلالها. وتُعَدّ هذه الترددات من منظور المطياف والرسم الطيفي في حكم المنعدمة. وأما المرشح الذي يعمل في مجال حزام معيّن فسيجمع كل الترددات ذات القوة الكافية الواقعة ضمن مجاله (علماً بأنه يمكن لمن يقوم بالتجربة أن يتحكم في مدى حساسية المرشح للقوة). ومن ثم يمكن وضع ترتيب معين نستطيع بواسطته تجميع أي تردد، ونَقْل تأثيره إلى القلم ليدونه، أياً ما كان الزمان أو المكان الذي يقع فيه هذا التردد. أضف إلى ذلك أن النغمات المضمحلة المشتملة على الترددات الثانوية المهمة التي تقع فوق ذروة تردد النغمة التوافقية وتحتها - هذه النغمات يمكن بهذه الطريقة تدوينها تدويناً أوفر حظّاً من الدقة؛ ذلك لأن

المرشّح إذا كان ذا عرض معلوم أمكن له أن يُجمِّع كل الترددات الثانوية أو كثيراً منها في اللحظة المعينة. وسيقترن هذا الأمر بالتأثير على مجموع الطاقة الكهربية المنشطة للقلم، كما سيقترن أيضاً بالتأثير في عملية التدوين التي يقوم بها القلم تأثيراً مساوياً للطاقة المنشطة. ويمكن - بعبارة أخرى - أن نقول: إن المرشح المضمحل يمكننا من تحقيق ما يأتي:

(أ) أن نغطي كل السلسلة الكاملة من الترددات موضوع التحليل (وهي بوجه عام تغطي في المطياف المجال الواقع بين الصفر و ٣٦٠٠ ذ/ث).

(ب) أن نحصل على تمثيل مرئي أصدق لآثار الاضمحلال الأكسوتيكية.

ولنفحص كل هذه الأمور في بعض التفصيل، مع اهتمام خاص بالغرض والنتائج المترتبة على استخدام مرشحات ذات مجالات متنوعة.

فلنفترض أن المطياف يفحص في لحظة معيّنة من جولاته المئتين التردد ٩٠٠ ذ/ث؛ أي أن الجهاز يستخلص هذا التردد بعينه من مجموع الضجة التي شحن بها، ولنفترض بالإضافة إلى ذلك أنه في هذه اللحظة لا توجد بين مكونات النغمة نغمة ترددها ٩٠٠ ذ/ث ولكن يوجد نغمة توافقية مهمة جداً ترددها ٩٠٩ ذ/ث (وهي النغمة التوافقية التاسعة لنغمة أساس ترددها ١٠١ ذ/ث التي هي درجة الصوت لمتكلم ذكر بالغ). مهما تكن قوة هذه النغمة التوافقية - أي مهما تكن أهميتها الأكوستيكية واللغوية فإن المرشح غير المضمحل الذي يعمل عند التردد ٩٠٠ ذ/ث لا يمكنه أن يصل إلى التردد ٩٠٩ ذ/ث، وأن يسمح له بالمرور؛ ومن ثم لن يتمكن القلم من القيام بأي تدوين لهذا التردد.

أما جولة الفحص التالية التي يقوم بها الجهاز فستكون أعلى بمقدار ١٨ ذ/ث، أي أنه إذا كان المرشح والقلم قد بدءا العمل في الجولة السابقة

عند ٩٠٠ ذ/ث فإنهما سيكونان الآن أعلى بمقدار ١٨ ذ/ث؛ أي أنهما يعملان عند التردد ٩١٨ ذ/ث. وواضح أن المرشح غير المضمحل سيضيع علينا مرة أخرى النغمة التوافقية ٩٠٩ ذ/ث؛ إذ هو غير قابل إلا لتمرير التردد ١٨ ذ/ث ليس غير. ويترتب على ذلك أن النغمات التوافقية لنغمة الأساس ١٠١ ذ/ث التي لا تقع في اللحظات المناسبة أي عند مضاعفات ١٨ ذ/ث لن تدوّن مهما كانت قوتها. وبما أن المضاعف المشترك الأصغر لكل من ١٨ و١٠١ هو ١٨١٨ فلن تتمكن أي نغمة توافقية لنغمة الأساس ١٠١ ذ/ث تقع تحت ١٨١٨ ذ/ث من أن تدوّن في مطياف يستخدم مرشحاً غير مضمحل، بل إنه لن يسمح لنفس نغمة الأساس ١٠١ ذ/ث بالتدوين بطبيعة الحال، ولن ينتج عن مثل هذا التنظيم لعمليات الفحص والترشيح أي تصوير صحيح للعينة.

وإذا كان التردد ٩٠٩ ذ/ث ذروة موجة مضمحلة أصبح محتملاً في هذه الحال وجود تردد ثانوي عند ٩٠٠(٦) ذ/ث يكون كافياً بحيث يدوّنه القلم، شريطة أن يقع دائماً في اللحظة المناسبة. وفي مثل هذه الحالة لم تُدَوّن النغمة التوافقية لنفسها، ومع ذلك من الممكن التعرّف إليها في الرسم الطيفي عن طريق أحد تردداتها، وذلك خير من تجاهلها تجاهلاً تاماً.

على أنه ينبغي هنا أن نلاحظ أن حدث التدوين نفسه يتوقف على كمية الاضمحلال؛ فإذا كان منحنى الطيف شديد الانحدار فإن التردد ٩٠٠ ذ/ث مع كونه لا يبعد عن الذروة إلا بمقدار ٩ ذ/ث ربما كان ذا قوة منخفضة جداً حتى إنه لن يجد طريقة إلى التدوين، وذلك بالرغم من أنه - من حيث كونه تردداً - يمر من خلال مرشح مثالي تردده ٩٠٠ ذ/ث. ويمكن للمرء بطبيعة الحال أن يعالج هذا الأمر بزيادة حساسية المرشح للقوة، ولكنه بهذا العمل يخاطر بالسماح لعدد ضخم من الترددات ذات القوة المنخفضة وغير المهمة على الإطلاق لكي تزحم الصورة، حتى يمكنه التقاط بعض الترددات الثانوية

لأنها تنم عن وجود بعض ذرى القوة ذات الأهمية. ومن الممكن أن تشتمل هذه الترددات على الضجات الاحتكاكية الموجودة دائماً في جهاز النطق وهي ضجات لا علاقة لها كلياً بالأمر، وهكذا ستتطفل على الرسم الطيفي كثير من الترددات بدرجة تفوق أهميتها بكثير. ولذلك ليس من المستصوب أن نحاول التقاط ترددات ثانوية لكي نجعلها - من ناحية التصوير الطيفي على الأقل - تأخذ مكان النغمات التوافقية التي تمثل ذرى القوة. ويلزم عن ذلك أن أي مرشّح مثالي يعجز حتى عن ترشيح النغمة المضمحلة التي تنتشر الترددات حول ذروتها، وأن العكس صحيح تماماً.

ثمة حل آخر وسط نستبقي به المرشح المثالي القادر على تنويع تردده، ولكن على أن يقوم الجهاز بجولات تحليلية على مسافة ١ ذ/ث وليس ١٨ ذ/ث. وسنضمن بهذه الطريقة تجميع كل الترددات التي تقع. ويمكن أن ننظم حساسية القوة في الجهاز بحيث لا تدوّن القوة التي تقع تحت حد أدنى معيّن. ولكن ذلك سيقتضي ضرورة تكرير سماع عينة الكلام المسجلة ٣٦٠٠ مرة كما سيتطلب ٣٦٠٠ جولة تحليلية يقوم بها القلم (أو أكثر من ذلك إذا أريد للرسم الطيفي أن يستمر إلى ما بعد ٣٦٠٠ ذ/ث)، وسيتطلب ذلك شريطاً عريضاً من الورق يتسع لكل التدوينات بدرجة جيدة من الوضوح، ومن ثم يتطلب زيادة في حجم المطياف نفسه، وسيستغرق تحليل عينة صوتية مدتها ٢,٣ ثانية أكثر من ساعتين (يمكن أن تزاد سرعة الجهاز، ولكن بحيث لا تتخطى حدّاً معيناً لأسباب فيزيائية).

إن لجوءنا إلى مرشح مضمحل ذي سعة معينة خير من أن نقوم بتركيب آلة غير دقيقة أو آلة بطيئة يصعب التحكم فيها. دعنا نفترض من قبل التوضيح - أن المطياف مزود الآن بمرشح عرضه ١٨ ذ/ث. وهذا العرض في العادة ليس عرضاً عملياً، ولكني أختاره بحيث يكون مدى الترشيح مساوياً

تماماً للمسافة الواقعة بين الجولات التحليلية للجهاز. وإذا كانت الآلة تقوم بفحص التردد ٩٠٠ ذ/ث فسيبدأ المرشح في تجميع كل الترددات الواقعة تحت هذا التردد وفوقه بمقدار ٩ ذ/ث أي بين ٨٩١ ذ/ث و٩٠٩ ذ/ث. وحينئذ فإن القوة الموجودة عند التردد ٩٠٩ ذ/ث - وهي النغمة التوافقية التاسعة لنغمة الأساس ١٠١ ذ/ث - ستترك أثرها على الورقة، بقطع النظر عما إذا كانت النغمة مضمحلة أو غير مضمحلة. ونظراً لأن الجولة التالية ستبدأ العمل في نفس لحظة سماع الرسالة المسجلة - عند التردد ٩١٨ ذ/ث ونظراً كذلك لأنها الآن تغطي مجالا يشمل ما هو فوق التردد ٩١٨ ذ/ث بمقدار ٩ ذ/ث - أقول نظراً لذلك كله فإن الترددات الواقعة بين ٩٠٩ ذ/ث و٩٢٧ ذ/ث سيمكن تمريرها من خلال المرشح، ثم الترددات الواقعة بين ٩٢٧ ذ/ث و٩٤٥ ذ/ث بالنسبة لموقع التردد ٩٣٦ ذ/ث وهكذا.

ولذلك فإن الجهاز الذي يعمل لمئتي جولة تحليلية بمسافة ١٨ ذ/ث بين كل جولة، والذي يتم تجهيزه بمرشح متنوع سعته ١٨ ذ/ث، ويتحرك متقدما إلى أعلى بنفس سرعة القلم - مثل هذا الجهاز يمكن بواسطته تدوين كل تردد واقع بين الصفر و٣٦٠٠ ذ/ث لمرة واحدة. [أي لا يتكرر تدوين أي تردد مرتين].

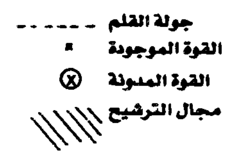
قلنا إن التردد ٩٠٩ ذ/ث أو أي تردد آخر يأتي في موقع مشابه من حيث التردد والزمن لن يدون مرتين، شأنه في ذلك شأن أعلى تردد في الجولة ٩٠٠ ذ/ث وأدنى تردد في الجولة ٩١٨ ذ/ث. والسبب في ذلك أن الأثر الذي يرسمه القلم بطبيعة الحال هو دوران حلزوني متواصل ولذلك تشكل نهاية الجولة ٩٠٠ ذ/ث وبداية الجولة ٩١٨ ذ/ث نقطة هندسية واحدة ومتحدة. ومهما يكن تردد نغمة الأساس عند نقطة معينة فإن كل نغمة من نغماتها التوافقية سترشح وتدون، وكذلك كل الترددات الثانوية ذات القوة

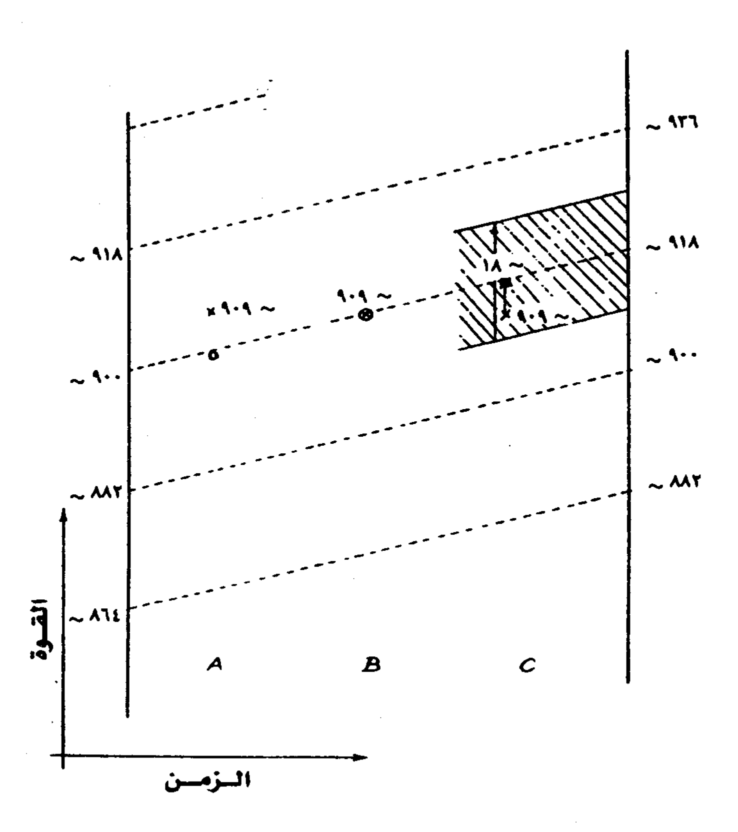
الكافية والمهمة الموجودة على كلا جانبي ذروة أي نغمة مضمحلة (يمكن للقائم بالتجربة الكافية أن يحدد معايير الكفاية والأهمية بالنسبة للقوة وأن يضبط جهازه ليناسب غرض ما يستهدف فحصه)(٧).

وفي جهاز يدور على النحو الذي وصفته سليتقط التردد ٩٠٩ ذ/ث في مكان ما في جولة القلم ٩٠٠ ذ/ث - ٩١٨ ذ/ث. وإذا وقع هذا التردد في الصورة تحديدا على البعد الأفقي في اللحظة التي يمر فيها القلم على البعد الرأسي بنقطة التردد ٩٠٩ ذ/ث وهو يقطع الطريق ما بين التردد ٩٠٠ ذ/ث والتردد ٩١٨ ذ/ث فسيمثل التدوين الحقيقة الفيزيائية الدقيقة، سواء من حيث الزمن أو التردد. أما إذا وقع التردد في لحظة يكون القلم فيها فوق - أو تحت - مستوى ٩٠٩ ذ/ث فإن التردد ٩٠٠ ذ/ث لن يدون عند ٩٠٩ ذ/ث ولكنه سيدون على مستوى أعلى أو أدنى قليلا في مكان ما بين ٩٠٠ ذ/ث و٩١٨ ذ/ث. ومن ثم فإن التدوين - وإن كان يقع في النقطة الصحيحة من حيث الزمن ليس حتما أن يقع في النقطة الصحيحة عند مستوى التردد. ويمكننا على أي حال أن نتجاهل هذا الإرباك من قبيل التيسير وتحقيق الأغراض العملية. وذلك بسبب الأبعاد الضيقة التي يتميز بها الرسم الطيفي. إن مقدار الإزاحة هنا لن يتجاوز في هذه الحالة التي نعرض لها ٩ ذ/ث. والمساحة التي يستغرقها تمثيل هذا المقدار في الصورة ستكون ٠,٠٠٥ من البوصة على البُعد الرأسي، وهي مسافة ضئيلة جداً بحيث يمكن تجاهلها.

ويوضح لنا الشكل (٢٢) العرض السابق (ولم يرسم الشكل بمقياس رسم). ففي الشكل تمثل الخطوط من الشمال إلى اليمين جولات القلم على طول ورقة التصوير. وتبين العلامة X المواضع الصحيحة من حيث الزمن والتردد - للقوة الموجودة (مع التردد ٩٠٩ ذ/ث) في العينة التي كان قد جرى

تحليلها. (في هذه الحالة فحسب يستوي في ذلك ما إذا كانت النغمة التي نعالجها نغمة ثابتة عند ٩٠٩ ذ/ث أو كانت لحناً ما يلمس التردد ٩٠٩ ذ/ث ثلاث مرات فالخلاف هنا ليس جوهرياً). وتشير الدوائر الصغيرة إلى مواضع القلم أثناء جولة واحدة في اللحظات التي توجد فيها القوة عند التردد ٩٠٩ذ/ث. ولا يستطيع القلم في الجزء «A» إذا ما اقترن بمرشح مثالي غير مضمحل أن يدون إلا القوة الموجودة - إن وجدت - في نفس اللحظة وبنفس التردد في الموضع الذي يمر به أي عند ٩٠٣ ذ/ث تقريباً. ولذلك فإن التردد ٩٠٩ ذ/ث الذي يقع في هذه اللحظة يمر دون أن يلاحظ أو يدون مهما تكن قوته لأنه يقع عند مستوى التردد غير الملائم. وهذا يعني أنه في الوضع الراهن لا يمكن للقلم أن يقوم إلا بالتدوينات التي هي ترجمة للحقيقة الفيزيائية الصادقة. وقد حدثت هذه المصادفة السعيدة في الجزء «B» من الشكل «٢٢» حيث توافق القوة الموجودة عند ٩٠٩ ذ/ث موضع القلم عند نفس التردد. وأما في الجزء «C» فيقترن القلم الآن لا بمرشح مثالي بل بمرشح مضمحل سعته الترشيحية ١٨ ذ/ث، وقد أشرنا إلى الحزام الترشيحي بخطوط مائلة. وهنا يدون المرشح كل تردد (ذي قوة كافية) يقع في مدى ٩ذ/ث أعلى أو أسفل مستوى التردد الذي يقطعه هو والقلم المزامن له عند نقطة معينة من الزمن. ولكن القلم يمارس التدوين عند التردد الذي يحوم حوله في تلك اللحظة ولا يستطيع أن ينحرف عنه على طول البعد الرأسي، أي أنه لا يدون التردد عند مستواه الحقيقي حيث توجد القوة بالفعل. ومن هنا لم تدون قوة التردد ٩٠٩ ذ/ث الآن في الجولة التحليلية الحالية للقلم (الخامسة) إلا عند مستوى التردد ٩١٤ ذ/ث تقريباً.





الشكل ٢٢ . الآثار الناتجة عن مرشح عرضه ١٨ ذ/ث

لنفترض الآن أننا نعالج نغمة انزلاقية *legato* درجتها الأساسية تتحرك من ٢٠ ذ/ث لتصل إلى ٢٥ ذ/ث، ثم تنتهي عند ٣٠ ذ/ث، وهي شبيهة بالنغمة الصادرة عن آلة الترمبون Trompone الموسيقية على مدى ٢,٣ ثانية التي هي طول الرسم الطيفي. وتقع النغمات العليا لهذه النغمة في نقط مناظرة عند ٤٠ - ٥٠ - ٦٠ ذ/ث، ٦٠ - ٧٥ - ٩٠ ذ/ث وهكذا حتى تصل إلى ٢٤٠٠ - ٣٠٠٠ - ٣٦٠٠ ذ/ث في رسم طيفي عرضه الذبذبي ٣٦٠٠ ذ/ث وذلك في ١٢٠ خطاً منحنياً مرسومة بتمامها، أو في ١٢٠ خطاً مستقيماً (يوجد - بطبيعة الحال - عدد من المنحينات الإضافية التي لا يكتمل رسمها أو الخطوط التي تبدأ عند الهامش الأيسر للرسم الطيفي ولكنها بعد ذلك تترك الرسم في طرفه العلوي قبل أن تصل إلى الهامش الأيمن. وقد سبق لي أن شرحت السر في أن النغمات العليا مع أنها مضاعفات لنغمة الأساس نجد أنها لا توازي هذه النغمة، ولا يوازي بعضها بعضاً ولكنها تزيد من الانحراف في اتجاه التوافقيات العليا).

ولنتأمل الآن اللحظة الزمنية عند بداية الرسم الطيفي؛ حيث نغمة الأساس ٢٠ ذ/ث تعطينا النغمات العليا ٤٠، ٦٠، ٨٠ .....، ٢٣٨٠، ٢٤٠٠ ذ/ث. (تابع المناقشة الآتية على الشكل (٢٣)):

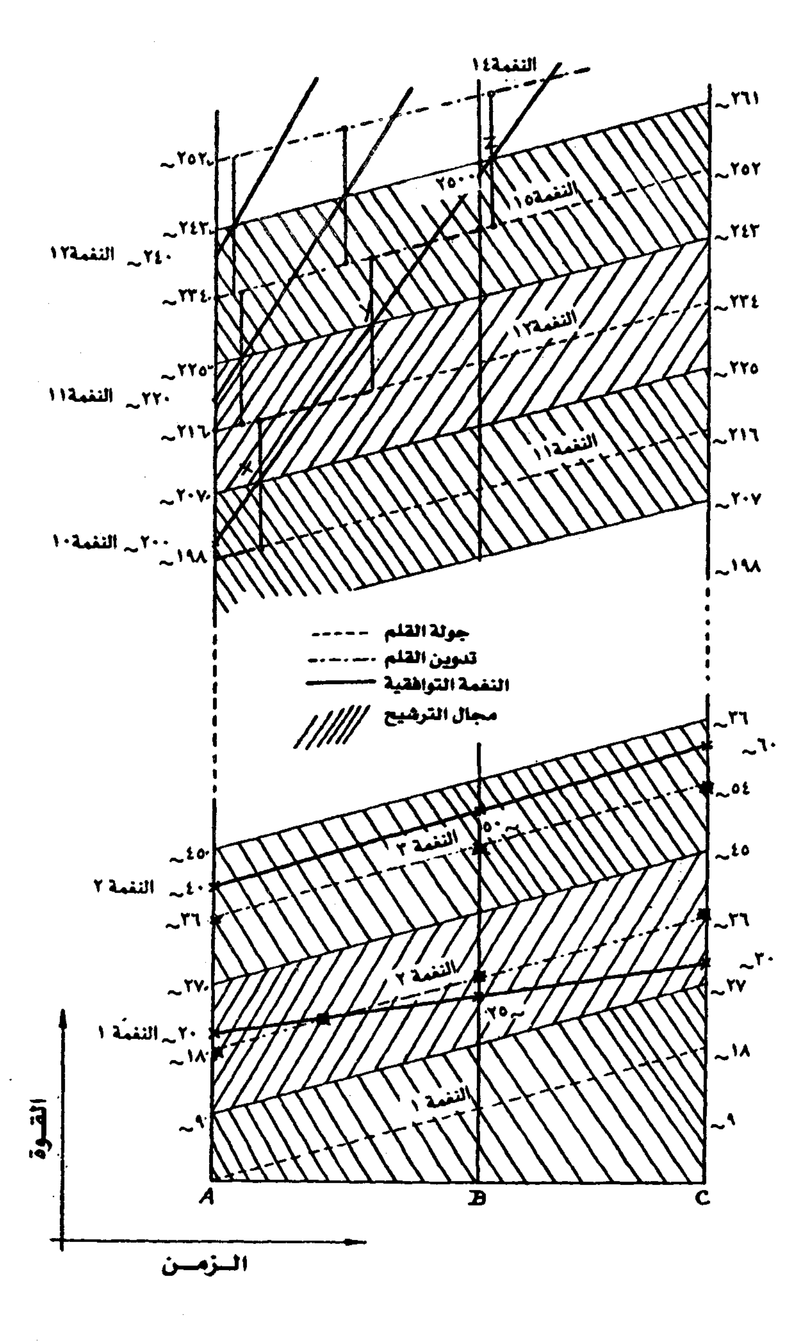
عند بداية الجولة حول الأسطوانة أو بطول ورقة الرسم الطيفي سيكون القلم عند نقطة الصفر وسيدون جميع الترددات الواقعة بين الصفر ونصف مجاله الترشيحي ٩ ذ/ث. ولذلك لن يلتقط المرشح أول تردد موجود وهو ٢٠ ذ/ث في الجولة صفر، ولكن في الجولة ١٨ ذ/ث (وأنا أسمي كل جولة باسم التردد الذي تبدأ به)، ثم يمضي دون أن يلتقطه مرة أخرى. وستلتقط النغمة التوافقية التالية وهي ٤٠ ذ/ث ولن تلتقط مرة اخرى، وهكذا. ولأن الترددات ٢٠، ٤٠، ٦٠.... إلخ تظهر بشكل لحظي = ولأن النغمة التي لدينا نغمة انزلاقية لا تبقى على حالتها عند أي تردد - فسنحصل بطول الحافة اليسرى للرسم الطيفي على سلسلة عمودية من النقط (١٨٠ نقطة على وجه التحديد) تفصل بين كل منها مسافة ٢٠ ذ/ث.

وسننتقل الآن إلى النقطة التي يكون تردد الأساس فيها ٢٥ ذ/ث. وهنا أيضاً ولأسباب مماثلة تماماً سنحصل على سلسلة عمودية من النقط تفصل بين كل منها مسافة ٢٥ ذ/ث (على الرغم من أنه لا مكان هنا الآن إلا لمئة وخمسين نقطة). وعندما يكون تردد الأساس ٣٠ ذ/ث سنحصل لهذا السبب على نقطة تبعد كل منها عن الأخرى بمسافة ٣٠ ذ/ث (١٢٠ نقطة). وإلى هذا الحد من وصفي يصبح لدينا مرة أخرى رسم على نمط منحنى الحُمَّى *fever curve type*، يمكننا من أن نرسم باليد واصلين بين النقط التي تنتمي إلى نفس النغمة التوافقية، آملين بقدر ضئيل أو كبير من اليقين يعتمد على معلومات أخرى - أن تكون الخطوط الناتجة ممثلة للحقيقة الأكوستيكية.

وليس هذا - على أي حال - ضروريا في الرسم الطيفي إذا أخذنا في حسابنا ما يقوم الجهاز بعمله بين النقط التي اخترتها اختياراً تحكمياً بغرض التوضيح والقياس. ونحن نعلم - مع ذلك - أن القلم يتحرك بشكل ثابت، كما نعلم أيضاً أن المرشح يستقبل باستمرار الترددات الموجودة في مدى تناوله. ونعلم الآن أن التردد ٢٠ ذ/ث في نغمة انزلاقية صاعدة لن يوجد إلا للحظة واحدة. ويستمر القلم في جولته من ١٨ ذ/ث إلى ٣٦ ذ/ث متحركا عبر ورقة الرسم الطيفي كلها، في وقت يستمر فيه المرشح الذي عرضه ١٨ ذ/ث مغطياً في زمن واحد - مدى يشمل عند بداية الجولة رقم ١٨ ذ/ث المساحة ما بين القلم ٩ ذ/ث و٢٧ ذ/ث، ثم ١٠ ذ/ث و٢٨ ذ/ث، ثم ١١ ذ/ث و٢٩ ذ/ث حتى نهاية الجولة، حيث يصل القلم إلى ٣٦ ذ/ث فنجده يغطي ما بين ٢٧ ذ/ث و٤٥ ذ/ث. وخلال هذه الجولة كلها ينشط القلم - في المثال الذي نسوقه - بواسطة القوة الموجودة مع التردد ٢٠ ذ/ث عند الهامش الأيسر لمرة واحدة ولا يتكرر ذلك مرة أخرى. ولما كانت نغمة الأساس تتطور في الرسم الطيفي من ٢٠ ذ/ث إلى ٣٠ ذ/ث فسينشط القلم - علي أي حال - عند لحظات معينة بواسطة وجود الترددات بين ٢٠ ذ/ث و٣٠ ذ/ث، والتي تضطر جميعها إلى أن تقع في متناول المرشح. ونظراً لأن القلم يتحرك حركة

أمامية صاعدة من ١٨ ذ/ث إلى ٣٦ ذ/ث، ولأن منحنى التردد يتحرك في نفس الزمن حركة أمامية صاعدة من ٢٠ ذ/ث إلى ٣٠ ذ/ث أي بمعدل متفاوت - كانت الترددات التي يترك القلم أثراً عندها غير ممثّلة بالضرورة تمثيلا دقيقا للترددات التي نشطته كما رأيت فيما سبق (الشكل ٢٢)، فقد يحدث أن يثير التردد ٢٥ ذ/ث القلم في لحظة لا يكون فيها القلم قد وصل في صعوده التدريجي المطرد من ١٨ ذ/ث إلى ٣٦/ ذ/ث إلا إلى مستوى ٢٣ ذ/ث، أو يكون قد تقدم بالفعل إلى ٢٧ ذ/ث. والحق أن التردد ٢٠ ذ/ث إذا وجد في أول بداية الجولة بالتحديد فسيدون عند ١٨ ذ/ث والتردد ٣٠ ذ/ث السائد في نهاية الجولة سيشار إليه عند مستوى التردد ٣٦ ذ/ث على الهامش الأيمن من الرسم الطيفي. ولكني قد أوردت لتوي تعليقاً ينص على أننا أحرار في تجاهل هذا الاضطراب بسبب المسافات اللامتناهية في الصغر التي يشتمل عليها الرسم الطيفي.

والآن سيتحرك القلم قليلا في حركة أمامية صاعدة بعد تدوين التردد ٢٠ ذ/ث على الهامش الأيسر. وإذا ظلت هناك بعد جزء من الثانية قوة موجودة في متناول المرشح فإن القلم سيظل على نشاطه، وسيستمر في ترك آثاره على الورق ما دامت القوة في متناوله. وفي المثال الذي نناقشه (وهو نغمة صاعدة تدريجياً من ٢٠ ذ/ث إلى ٣٠ ذ/ث يقوم بترشيحها مرشح عرضه ١٨ ذ/ث وذلك في الجولة التي تبدأ بالتردد ١٨ ذ/ث) نقول: في هذا المثال تكون هناك قوة موجودة خلال جولة كاملة من ١٨ ذ/ث إلى ٢٦ ذ/ث وذلك مع وجود مرشح يغطي عرضه الترشيحي وهو ١٨ ذ/ث مجالا من الترددات يبدأ من ٩ ذ/ث و٢٧ ذ/ث إلى الجانب الأيسر، وينتهي إلى ٢٧ ذ/ث و٤٥ ذ/ث على الجانب الأيمن. (قارن النصف السفلي من الشكل (٢٣)، حيث تعيّنُ النقاط « A» و«B» و«C» اللحظات التي تكون عندها ترددات نغمة الأساس هي ٢٠ ذ/ث، ٢٥ ذ/ث، ٣٠ ذ/ث على الترتيب.



شكل ٢٣ . المرشح ١٨ ذ/ث ونغمة متصلة صاعدة

ولذلك ينشط القلم خلال الجولة الثانية كلها من ١٨ ذ/ث إلى ٣٦ ذ/ث، ويترك أثراً متصلا على الورقة. وهذا الأثر هو خط مستقيم يمثل $\frac{١}{٢٠٠}$ من مجموع الدوران الحلزوني الذي يصوره القلم.

وشبيه بذلك التدوينُ الذي يحدث في جولة القلم الثالثة من ٣٦ ذ/ث إلى ٤٥ ذ/ث وإن كان يرتفع عن الجولة الثالثة بمسافة ١٨ ذ/ث، ويتم التدوين خلال النغمة التوافقية كلها والتي لا تزال تقع خلال المجال الترشيحي الثالث للمرشح.

ولنفحص الآن النغمة التوافقية العاشرة من هذه النغمة الانزلاقية حيث تقع النقاط «A»، و«B»، «C» على سلم الزمن عند الترددات ٢٠٠ ذ/ث، ٢٥٠ذ/ث، ٣٠٠ ذ/ث. إن المرشح ١٨ ذ/ث سيقوم بتجميع التردد ٢٠٠ ذ/ث عند الهامش الأيسر في جولته الحادية عشرة. وستبدأ هذه الجولة عند ١٩٨ ذ/ث؛ حيث يغطي المدى الترشيحي ما بين ١٨٩ ذ/ث و٢٠٧ ذ/ث وينتهي في الهامش الأيمن عند ٢١٦ ذ/ث، حيث يغطي المرشح ما بين ٢٠٧ ذ/ث، و٢٢٥ ذ/ث.

وتمثل هذه الحالة حالة مناقضة لما حدث في الجولة الثانية؛ ففي الجولة الثانية قام المرشح بتجميع كل النغمة التوافقية الأولى في رحلة واحدة. وأما في هذه الجولة الحادية عشرة فإن المرشح لن يصل بحال إلى النقطتين ٢٥٠ ذ/ث، ٣٣٠ ذ/ث اللتين تشتمل عليهما النغمة التوافقية العاشرة. ويعني هذا أن القلم لم ينشط طوال هذه الجولة كلها، وأن النغمة التوافقية العاشرة لا يمكن تدوينها في خط مستقيم واحد لا ينقطع.

وإذن؛ إلى أي مدى يستمر القلم في تسجيل آثاره بعد أن ينتهي من تدوين التردد ٢٠٠ ذ/ث على الهامش الأيسر؟ والإجابة: إنه يستمر في التدوين حتى تخرج الترددات الموجودة عن متناول المرشح، وستخرج النغمة التوافقية عن المجال الذي يشمله المرشح ١٨ ذ/ث في مكان ما (وقد أشرنا إلى سعة المرشح في الشكل بالخطوط المائلة)، وسيحدث هذا عند النقطة x في النصف العلوي من الشكل (٢٤). ومن الواضح أن النظام الذي نستخدمه الآن يقوم على

أساس جولات يفصل بين كل منها ١٨ ذ/ث مع مرشح سعته ١٨ ذ/ث، وفي هذا المجال نجد أن النهاية العليا في كل مدى ترشيحي تنطبق على البداية السفلى للمدى الترشيحي الذي يليه. ولهذا السبب يستأنف القلم تدوينه في الجولة التالية في النقطة الزمنية المحددة التي ينهى فيها الجولة السابقة، وإن كانت هذه النقطة تقع في الرسم التخطيطي الذي قمت به على البعد الرأسي فوق نهاية السابق بمسافة ١٨ ذ/ث. وينشط القلم ثانية في الجولة الثانية عشرة بقدر ما تقع الترددات في مجال مرور المرشح أي إلى النقطة Y، وكذلك في الجولة الثالثة عشرة إلى النقطة Z وهكذا.

وإذن فإن مجموع التدوين الذي يرسمه القلم ليس في الحقيقة خطأ على الإطلاق، ولكنه سلسلة من الخطوط القصيرة تقع بانحراف ضئيل ويرتفع كل منها قليلا عن السابق (أو ينخفض قليلا إذا كانت الدرجة لنغمة انزلاقية هابطة). ولكن كما أن الانحراف عن المستوى الأفقي ضئيل حتى إنه لا يدرك بالبصر فإن منظر المراحل المتدرجة الذي يبدو في الرسم الذي سقته - وهو رسم محرف إلى حد كبير - سيخف أثره حتى تصير نسبته في الرسم الطيفي غير مدركة، ذلك أن مسافة ١٨ ذ/ث لن تبلغ على عرض الرسم الطيفي الذي هو ٢ بوصة إلا ٠١, من البوصة فحسب. ونكون بهذ الطريقة قد شرحنا الانطباع الذي يتكون لدى الناظر إلى الرسم عن وجود منحنى مستمر وهو الخداع البصري الذي تكلمت عنه عندما ناقشت الشكل (٢١).

ويمكن أن نستنبط من الشكل (٢٣) عدداً من النتائج نوردها فيما يأتي:

(١) إذا كانت نغمة الأساس في لحن أو صوت ما (وهي في المثال الذي سقناه ٢٠ ذ/ث - ٢٥ ذ/ث - ٣٠ ذ/ث بحيث يمكن للمرشح ١٨ ذ/ث أن يدونها في جولة واحدة، ونتج عن ذلك أن استمر في النشاط طوال جولته ورسم لنا خطاً مستقيماً على طول المسافة في ١٨ ذ/ث على اليسار إلى ٣٦ذ/ث على اليمين - فحينئذ لا يمكن لمثل هذا التدوين أن يعطينا أي

معلومة عن المنحنى الصحيح للتردد في نغمة الأساس، فبالنسبة للتردد ٢٠ذ/ث الذي يظهر على هيئة خط مستقيم يستوي فيه أن يكون درجة ثابتة على مدى ٢,٣ ثانية، أو منحنى يتكون من الترددات ١٥ ذ/ث - ٢٥ ذ/ث، أو منحنى يتكون من ٢١ ذ/ث - ٣٠ ذ/ث - ٢٣ ذ/ث أو أي نغمة توافقية أخرى يمكنها تنشيط القلم دون أي انقطاع من حيث الصورة الطيفية.

(٢) غير أنه نظراً لأن انحراف الخط يزيد بالضرورة في النغمات التوافقية العليا فإن أي حالة غامضة من هذا النوع يمكن حلها بأن تستكشف المعلومات الخاصة بالدرجة الحقيقية لنغمة الأساس على مستوى نغمات توافقية عليا كافية [لأن التوفقيات العليا هي مضاعفات لنغمة الأساس].

(٣) إذا كانت نغمة الأساس في اللحن ذات انحراف كاف ٢٠ ذ/ث - ٦٠ ذ/ث - ٩٠ ذ/ث على سبيل المثال فإن أثر المنحنى الذي يكاد يكون قريباً من الدرجة الصحيحة سيكون منظوراً حتى على مستوى نغمة الأساس، إذ لا يمكن للمرشح ١٨ ذ/ث أن يصل في الجولة ١٨ ذ/ث - ٣٦ إلى ما بعد ٤٥ ذ/ث، ومن ثم لن يتمكن من التقاط ترددات نغمة الأساس هذه لأنها ستنحرف انحرافاً مباشرا متجهة إلى الصعود بعد بداية الجولة.

(٤) كلما ازدادت درجة انحراف الارتفاع أو الانخفاض في النغمة التوافقية ضاقت مسافات التدرج الداخلية في تكوينها على مستوى كل جولة من جولات القلم. إن هذه المسافات يمكن أن تتكمش بالتأكيد حتى تصير في شكل نقط؛ حتى إن الخط الناتج عن الرسم الطيفي ليتكون بالفعل من نقط كثيرة تقع كل منها أعلى (أو أدنى) قليلا من السابقة وإلى يمينها. وبذلك يمكن أن يزداد الخداع البصري الذي يوهم بوجود منحنى متصل. (وسيكون هذا بالتأكيد هو الحالة الغالبة بالنسبة للرسوم الطيفية للكلام؛ حيث تتنوع الترددات بصورة تتسم بالسرعة والانحراف). ولما كان الانحراف أكبر في التوافقيات العليا فسيترتب على ذلك أنه كلما كانت التوافقيات في تحليل نفس

الصوت الواحد أعلى كان الخط المحدد لها في الصورة الطيفية أقرب إلى أن يكون مؤلفا من نقط منه إلى كونه مؤلفا من مراحل متدرجة.

(٥) ينشأ من ذلك أن ظاهرة النقط ستبدو لنا في التوافقيات السفلى، حين تكون نغمة الأساس التي نعالجها من نوع أعلى من النغمة التي عالجناها في الشكل (٢٣). وهذا هو ما يحدث في حالة الكلام حيث نغمة الأساس في صوت الذَّكَر لا تقرب من ٢٥ ذ/ث أو ٣٠ ذ/ث بل إنها تكون أقرب إلى ١٠٠ ذ/ث فصاعداً.

هذه إذن هي الطريقة التي يشكل بها الرسم الطيفي قطعة قطعة ما يبدو لنا من منحنيات تشير إلى حدود درجات كل من نغمة الأساس والنغمات التوافقية، وهكذا يعفينا الجهاز من ضرورة الوصل بين النقط الواقعة على نفس المنحنى يدوياً. ونحن مدينون في ذلك لتركيب الجهاز على هذا النحو البارع من قلم يقوم بجولاته في شكل حلزوني ويقترن بمرشح عرضه الترشيحي أكبر من الصفر (بحيث لا يقل عن ١٨ ذ/ث للأسباب التي فرغت من ذكرها).

* * *

الفصل السادس عشر

المرشّحان ٥٠ ذ/ث و ٣٠٠ ذ/ث

ماذا يحدث إذا ركّبنا مرشحاً يقوم بتمرير مجال من الترددات أعرض من ١٨ ذ/ث؟ هذا ما يوضحه الشكل «٢٤» بالنسبة لمرشح عرضه ٥٠ ذ/ث. لقد اخترت مرة أخرى نغمة أساس تبدأ من ٢٠ ذ/ث، ثم تستمر صاعدة إلى ٣٠ ذ/ث، مارة بالتردد ٢٥ ذ/ث، ولكني قمت بتدوين تردداتها الواقعة حول جولات القلم: السابعة (١٠٨ ذ/ث - ١٢٦ ذ/ث)، والثامنة (١٢٦ ذ/ث - ١٤٤ ذ/ث)، والتاسعة (١٤٤ ذ/ث - ١٦٢ ذ/ث)، والعاشرة (١٦٢ ذ/ث - ١٨٠ ذ/ث)، والحادية عشرة (١٨٠ ذ/ث - ١٩٨ ذ/ث)، والنغمات التوافقية المعنيّة هي الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة والتاسعة.

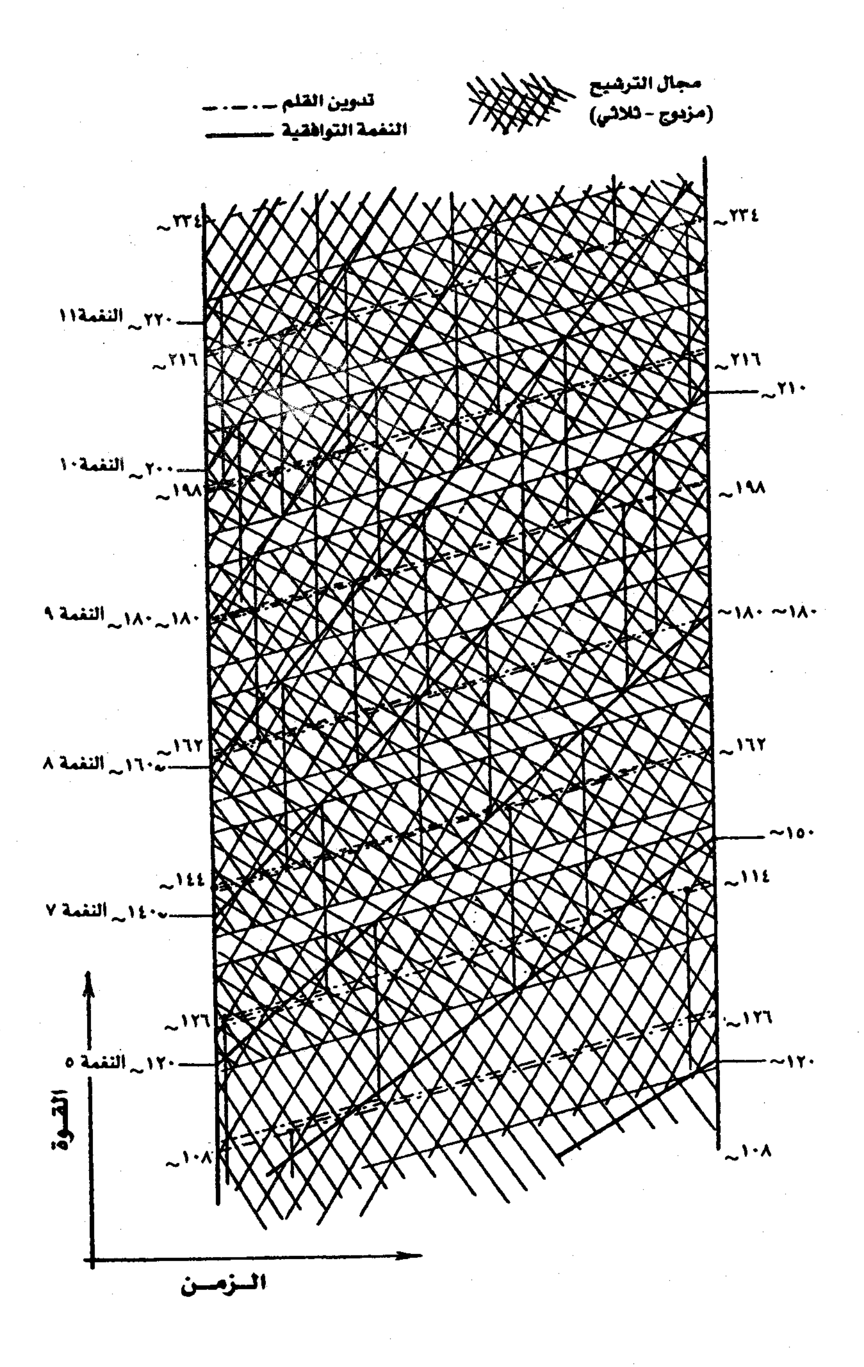
والخاصية البارزة في هذا الرسم هي تداخل مناطق الترددات التي تقوم بمسحها جولات ترشيحية متتابعة. ومَرَدُّ هذا - بطبيعة الحال - إلى أن حزام التمرير بالنسبة للمرشح ٥٠ ذ/ث أوسع منه في ١٨ ذ/ث التي هي المسافة بين جولات القلم: فالتردد ١٤٠ ذ/ث - على سبيل المثال - في الجانب الأيسر من الصورة الطيفية يُنَشِّطُ القلم في الجولة ١٢٦ ذ/ث (حيث يكون ارتفاع المرشح ١٢٦ ذ/ث + ٢٥ = ١٥١ ذ/ث)، وفي الجولة ١٤٤ ذ/ث (١٤٤ ذ/ث - ٢٥ ذ/ث = ١١٩ ذ/ث)، وفي الجولة ١٦٢ ذ/ث (١٦٢ ذ/ث - ٢٥ ذ/ث = ١٣٧ ذ/ث)، وربما تدون بعض الترددات الأخرى في نقاط أخرى مرتين أو ثلاث مرات معاً.

ولكن عند ضبط الجهاز على هذا النحو - أي على جولات ترشيحية بمسافة ١٨ ذ/ث مع مرشح عرضه ٥٠ ذ/ث - لن يقل عدد مرات التدوين

بالنسبة لأي تردد موجود عن مرتين. ويظهر هذا التداخل في الرسم التوضيحي بمناطق مظللة بخطوط متقاطعة ثنائية وثلاثية. ويشير كل نوع من الخطوط إلى مدى من مديات الترشيح.

ولما كان عرض المرشح (٥٠ ذ/ث) أكبر في هذا المثال من المسافة الفاصلة بين النغمات التوافقية فقد يحدث أن يسمح المرشح في نفس الجولة الواحدة بتمرير أكثر من نغمة توافقية واحدة؛ فيلتقط على سبيل المثال النغمات ١٢٠ ذ/ث، ١٤٠ ذ/ث، ١٦٠ ذ/ث (التي هي توافقيات لنغمة الأساس ٢٠ ذ/ث) في بداية الجولة ١٤٤ ذ/ث؛ حيث يصل أدنى مدى للمرشح إلى ١١٩ ذ/ث وأعلى مدى إلى ١٦٩ ذ/ث. ولذلك يمكن لجولة واحدة من جولات القلم أن تدون على طولها كله أو على أي جزء منها نغمةً أو نغماتٍ توافقية كاملة أو غير كاملة، كما يمكنها أن تدون توليفة من مجموعة نغمات توافقية أو أجزاء منها. ومثال لذلك ما أوردته في الرسم «٢٤» حيث تدون الجولة ١٤٤ ذ/ث (وهو مدى الترشيح التاسع) النغمة التوافقية السادسة كلها، وما يزيد على النصف الأول من النغمة التوافقية السابعة، وحوالي السدس الأول من النغمة التوافقية السابعة، وحوالي السدس الأول من النغمة التوافقية الثامنة، والثلث الأخير من النغمة التوافقية الخامسة (يمكن التحقق من ذلك في يسر إذا حجبنا باستخدام مسطرتين أو قطعتين من الورق ما فوق وما تحت المجال الترشيحي التاسع وحينئذ تكون جميع التوافقيات التي تبقى لدينا قد دونت في الجولة الترشيحية ١٤٤ ذ/ث).

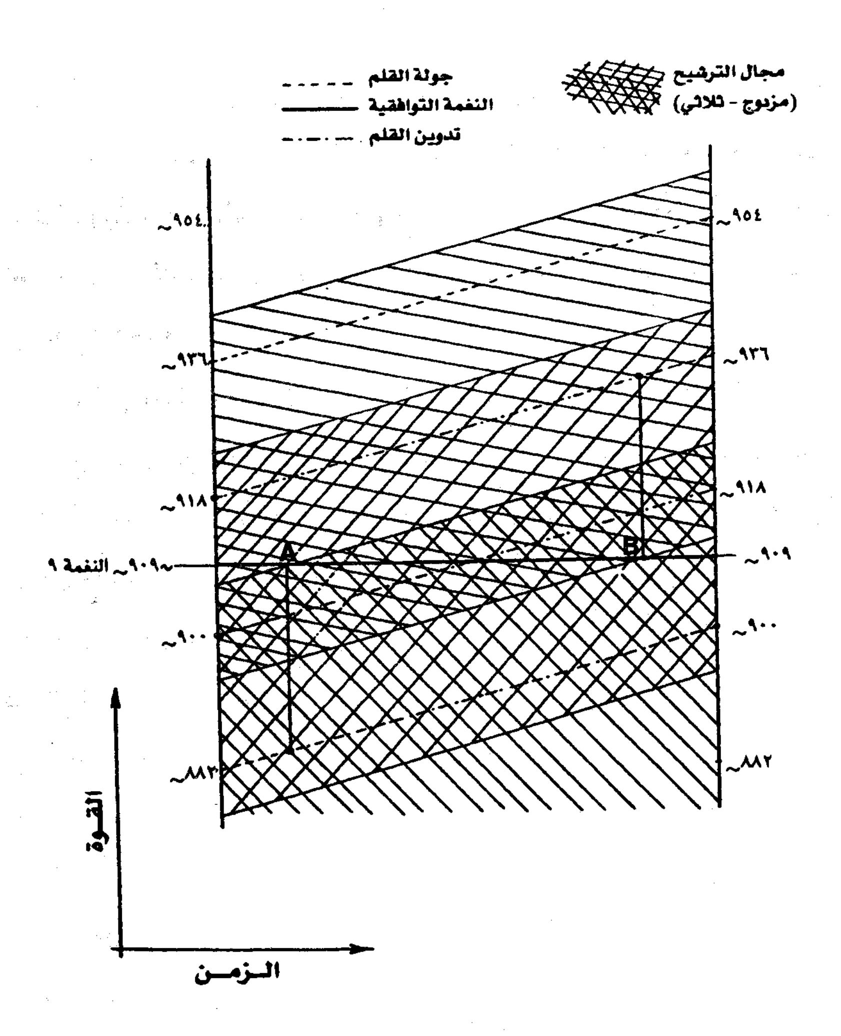
وأما الجولة ١٨٠ ذ/ث (وهي مدى الترشيح الحادي عشر) فإنها لا تجمع نغمة توافقية كاملة ولكنها تجمع أجزاء من النغمات التوافقية السادسة والسابعة والثامنة والتاسعة. وقد أشرت في الشكل (٢٤) إلى هذا التجميع لأكثر من نغمة توافقية بخطوط مضاعفة تمتد بالطول المناسب عبر امتدادات التدوين الذي يقوم به القلم، فنحن إذا ضبطنا القلم بحيث يستجيب لتوعات



شكل ٢٤ . المرشح ٥٠ ذ/ث ونغمة متصلة صاعدة

القوة المُدْخلة *input powers* فسيترك عبر هذه الامتدادات آثاراً أكثر سواداً ترجع إلى وجود كمية زائدة من الطاقة الكهربية المتجمعة تسببها تلك المثيرات المضاعفة. لكن عليك أن تلاحظ أنه في الرسوم الطيفية للكلام لن يكون المرشح ٥٠ ذ/ث قادراً على أن يلتقط نغمتين توافقيتين في وقت واحد، وذلك لأن النغمات التوافقية تقع بفاصل مقداره ١٠٠ ذ/ث أو يزيد (حيث تكون معادلة لتردد نغمة الأساس).

سبق لنا أن ناقشنا التردد ٩٠٩ ذ/ث وكيف يمكن التقاطه بالمرشح ١٨ ذ/ث. ونحن إذا استخدمنا في ترشيح هذا التردد المرشح ٥٠ ذ/ث فإن قدرة هذا التردد على الهروب من التدوين لن تكون بأكبر من قدرته على الهروب من المرشح ١٨ ذ/ث، أياً كان المكان الذي سيقع فيه طوال المدة ٢,٣ ثانية التي تستغرقها العينة، بل إنه بالتأكيد سيدون أكثر من مرة (انظر الشكل ٢٥). فإذا وقع هذا التردد على الهامش الأيسر في نقطة الصفر على محور الزمن فإنه سيقع خلال المدى الذي يغطيه المرشح ٥٠ ذ/ث، وذلك في الجولتين ٩٠٠ ذ/ث و ٩١٨ ذ/ث. (ونحن نسميها كالعادة بحسب التردد الذي يبدءان به)، وحين يقع التردد ٩٠٩ ذ/ث على الهامش الأيمن من الرسم الطيفي في الزمن ٢,٣ ثانية فإنه سيدون في الجولتين ٨٨٢ ذ/ث و٩٠٠ ذ/ث، ٩١٨ ذ/ث، وسيلتقط ثلاث مرات فيما بين النقطتين A، B، أي عندما يقع في المنطقة المظللة بثلاث خطوط. ويمكن أن أعبر عن ذلك بطريقة أخرى فأقول: إنه عند تحليل نغمة ثابتة ترددها ٩٠٩ ذ/ث بواسطة مرشح عرض حزامه ٥٠ ذ/ث فإن الجولة ٩٠٠ ذ/ث للقلم ستَتَشَطُ على مدى طولها كله، والجولة ٨٨٢ ذ/ث ستَتَشَطُ لمدة $\frac{٨}{٩}$ من طولها تقريباً (من جهة نهايتها)، كما ستَتَشَط الجولة ٩١٨ ذ/ث لمد $\frac{٨}{٩}$ من طولها تقريباً من جهة بدايتها).



شكل ٢٥ . المرشح ٥٠ ذ/ث والنغمة التوافقية ٩٠٩ ذ/ث

وإذن فالفرق بين الرسوم الطيفية التي تتم بالمرشح ١٨ ذ/ث وغيرها من الرسوم التي تتم بالمرشح ٥٠ ذ/ث إنما يكمن في تداخل مجالات الترشيح، مما ينتج عنه تدوين قطاعات معينة من كل نغمة من النغمات التوافقية أكثر من مرة على مستويات متوالية، كما ينتج عنه إمكان تجميع أكثر من نغمة توافقية في كل جولة من جولات القلم. وإذن فكلما زادت الترددات التي يمكن

أن يُجمّعها المرشح زادت القوة التي تقتحم القلم، وزاد كذلك الجهد الكهربي الذي يحرك القلم، ويظهر ذلك في هيئة آثار أكثر سواداً يصنعها القلم على الورقة. ويلزم عن ذلك إمكان ظهور درجات مختلفة من السواد في جولة واحدة من جولات القلم تبعاً لعدد الذبذبات التي تستخلصها الجولة وتدونها في لحظة معينة.

وثمة جانب آخر يختلف فيه الرسم الطيفي للمرشح ٥٠ ذ/ث عن الرسم الطيفي للمرشح ١٨ ذ/ث. إن المسافة الفاصلة رأسيّاً بين كل تدوين من التدوينات المتتابعة هي ٠,٠١ بوصة؛ ولذلك، ولكون هذه المسافة هي الفاصل بين كل جولتين من جولات القلم المئتين - فإن أي تردد يتم تدوينه مرتين متتاليتين سيكون الفاصل بين هذين التدوينين على البعد الرأسي هو ٠,٠١ بوصة. وبطبيعة الحال سيكون من الصعب أن نرى هذه المسافة الضئيلة على حقيقتها. إنها ستبدو للعين المجردة كما لو كانت نقطة واحدة أكثر سمكاً أو خطّاً قصيراً طوله ٠,٠٢ بوصة أو ٠,٠٣ بوصة إذا تم تدوينها مرتين أو ثلاثاً على الترتيب.

وعليك أن تلاحظ مع ذلك - أن مرور نغمتين توافقيتين في وقت واحد خلال المرشح سيظهر إسهامه لا على هيئة علامات ذات حجم أكبر بل يظهر فقط على هيئة علامة ذات درجة كبيرة من السواد بسبب زيادة الكمية التي يستقبلها القلم من الذي يحفزه الجهد الكهربي. ولذلك علينا أن نميز بوجه عام بين أمرين؛ أولهما: درجة سواد التدوين *blackness of the registration* ، وهي التي تنشأ عن كمية القوة؛ أي عن عدد الذبذبات وكمية القوة التي يجري تجميعها في لحظة ما خلال جولة واحدة *single run*، وثانيهما: عرض التدوين *breadth of the registration* الذي ينشأ عن تكرار تمرير التردد الواحد في لحظة واحدة خلال الجولات المتتابعة *successive runs*. وهاتان الكميتان معاً

[يعني درجة سواد التدوين ومساحة انتشار التدوين رأسياً] هما المسؤولتان عن المظهر النهائي للتدوين.

ومن الممكن أن نزيد من درجة سواد التدوين وعرضه في نفس الصوت أو في جزء منه، وذلك بزيادة عرض المرشّح المستخدم في التحليل؛ وذلك لأن زيادة العرض توجد الظروف الخاصة التي تسهل تجميع الترددات، وهذا التجميع ضروري لإنتاج آثار مدونة أكثر وضوحاً؛ أي (أكثر سواداً)، وأكثر امتداداً؛ أي (أكثر انتشاراً على البعد الرأسي).

وعليك أن تلاحظ أيضاً أننا في الكلام نتعامل في كل الحالات تقريباً مع أصوات مضمحلة؛ أي أننا مع كل نغمة توافقية نتعامل مع عدد من الترددات، يتجمع حول تردد معين يشكل، بدوره ذروة هذه النغمة؛ ولذلك فإننا مادمنا نستخدم مرشحاً مضمحلاً فسيكفل ذلك لنا تمرير عدد من الترددات المتزامنة في أي لحظة، ومن ثم تمرير جهد كهربي أكبر من ذلك الذي تسببه النغمة التوافقية بمفردها، ومن ثم ينتج عن ذلك كمية مناسبة من درجة السواد. وإذا قمنا بتركيب مرشح عرضه ٣٦٠٠ ذ/ث أي عرض الرسم الطيفي كله فستكون النتيجة أن يَنْشط القلم في كل جولة بواسطة أي تردد يوجد بين الصفر و ٣٦٠٠ ذ/ث (ولن يفشل القلم في أن يَنْشط إلا عندما لا يوجد على الإطلاق أي تردد في مجموع هذه المدى. ولا يمكن أن يحدث ذلك إلا عندما يسود السكون التام). وستنتج هذه الحالة في الرسم الطيفي مئتين من الخطوط المتوازية يبعد كل منها عن الآخر ٠,٠١ بوصة، وسيبدو هذا مجرد تسويد كلي للورقة لا يقطعه إلا مساحات عمودية على مدى ارتفاعه الكلي تشير إلى الصمت إن وجد. ومن الواضح أن تنظيم عملية الترشيح على هذا النحو عديم الجدوى؛ إذ لن يكون كافياً في تمييز التكوين الطيفي للصوت.

أما إذا قمنا بتركيب مرشح تحليلي عرضه ٣٠٠ ذ/ث فإننا بالنسبة للنغمة التوافقية ٩٠٩ ذ/ ث التي نغمتها الأساسية ١٠١ ذ/ث سنحصل -

كما يمكن أن يظهر من شكل تخطيطي كالشكل (٢٤) - لا على تدوينين أو ثلاثة فحسب، بل على ما يصل إلى ستين تدويناً متوالياً؛ أي على خط يصل سمكه إلى ٠,١٦ بوصة يمتد إلى مسافة ٠,٠٨ بوصة فوق - أو تحت - بعض نقاط الخطوط في في الجولة ٩٠٠ ذ/ث من جولات القلم.

كذلك يستطيع مرشح عرضه ٣٠٠ ذ/ث أن يجمع نغمتين توافقيتين متجاورتين أو ثلاث نغمات متجاورة للنغمة ١٠١ ذ/ث. وتستطيع الجولة ٩٠٠ ذ/ث لا أن تلتقط النغمة ٩٠٩ ذ/ث فحسب بل أن تلتقط أيضاً النغمتين التوافقتين ٨٠٨ ذ/ث، ١٠١٠ ذ/ث عند وجودهما؛ لأن المرشح يصل مداه في أي لحظة من لحظات الجولة إلى ما فوق موضعه بمقدار ١٥٠ ذ/ث وإلى ما تحت نفس الموضع بمقدار ١٥٠ ذ/ث وتكون النتيجة كالعادة درجة من السواد أكبر في الآثار التي سيدونها القلم.

والآن، إذا كانت النغمة التوافقية ٨٠٨ ذ/ث في المثال الذي سقناه - موجودة بالفعل وذات قوة تكفي لتنشيط القلم فحينئذ سيحدث تدوين لها لا في الجولة ٩٠٠ ذ/ث فحسب - تلك التي فرغنا لِتَوِّنا من مناقشتها - ولكن ستدون تدويناً آخر في الجولة ٧٩٢ ذ/ث التي تمتد ثانية إلى ما فوقها وإلى ما تحتها بمقدار ٠,٠٨ بوصة. وبالنظر إلى أن الجولتين ٧٩٢ ذ/ث و ٩٠٠ ذ/ث تبعد كل منها عن الأخرى في الرسم الطيفي بمقدار ١٠٨ ذ/ث أو ٠,٠٦ بوصة فإن التدوينين اللذين يكون عرض كل منهما ٠,٠٨ بوصة واللذين يأتيان من أعلى ومن أسفل سوف يتداخلان، وسينمحى بهذه الطريقة الانفصال الواضح والمرئي بين النغمتين التوافقتين ٠,٠٨ ذ/ث و ٩٠٩ ذ/ث. والعالم المجرب في مجال التحليل الطيفي لا يسيء فهم هذه الظاهرة؛ إذ هو على علم بأن المرشح الذي سمته ٣٠٠ ذ/ث لا يمكنه أن ينتج من تنشيط القلم في جولة واحدة فقط علامات يصل سمكها إلى سمك العلامات الناشئة عن تدوينات متداخلة تنتجها جولات متعددة، كما أن مثل هذا المرشح - في حالة حدوث

تردد ما حدوثاً لحظيّاً - لا يُمَكِنُه كذلك بتنشيط القلم في جولة واحدة فقط أن ينتج «نقطة» هي الآن أشبه بخط رأسي منها بنقطة حقيقية. غير أن مثل هذا العالم المجرب مضطر إلى القيام ببعض الحسابات لاكتشاف ما يمثله هذا الحـزام الواسع *wide band* أو الخط العـمـودي على وجـه الدقـة. أمـا المُشاهِد الذي تعوزه الدربة الفنية فسيستنبط منه للوهلة الأولى معلومات ضئيلة القيمة عن عدد النغمات التوافقية وتوزيعها. لذلك كان على من يرغب في تحليل التركيب التوافقي لنغمة ما معتمداً على الصورة الطيفية ألا يختار مرشحاً يكون ذا عرض أكبر من المسافة الفاصلة بين النغمات التوافقية. والنغمة الحنجرية هي نغمة تشتمل على كثير من التوافقيات القوية ذات الأهمية أكوستيكيّا ولسانيّاً. وبما أن التردد الأساسي لأصوات الكلام البشري نادراً ما يكون أعلى من ٣٠٠ ذ/ث - فسيلزم عن ذلك أن الرسم الطيفي الذي يتم إنجازه بمرشح عرضه ٣٠٠ ذ/ث سيكون التداخل وعدم الوضوح فيه أمراً لا مفر منه. ونحن إذا وضعنا في حسابنا أيضاً أثر الاضمحلال في تجاويف ما فوق الحنجرة حيث تنتج هذه التجاويف ترددات ثانوية كثيرة وما يتبع ذلك من تسويد للعلامات في الصورة الطيفية تسويداً ناشئاً عن الجهد الكهربي العالي الذي تسببه ترددات كثيرة تُنَشِّط القلم بطريقة متزامنة في اللحظة المعينة - أقول: إذا وضعنا في حسابنا هذا كله توقعنا أن أي رسم طيفي لصوت من أصوات الكلام ينتجه مرشح عرضه ٣٠٠ ذ/ث لا يمكن أن يظهر فيه إلا مناطق واسعة عميقة السواد يصعب إدراك تفاصيلها إلا بشق النفس.

والفصل الآتي من هذا الكتاب يشرح لنا كيف أن هذا القصور الذي يتوعدنا به رسم طيفي ينجزه نطاق واسع عرضه ٣٠٠ ذ/ث ليس كل ما فيه هو أنه رسم مرهق. إن هذا القصور يمكن أن يتحول إلى شيء نافع أيضاً.



الفصل السابع عشر
الحزم الترددية المميزة

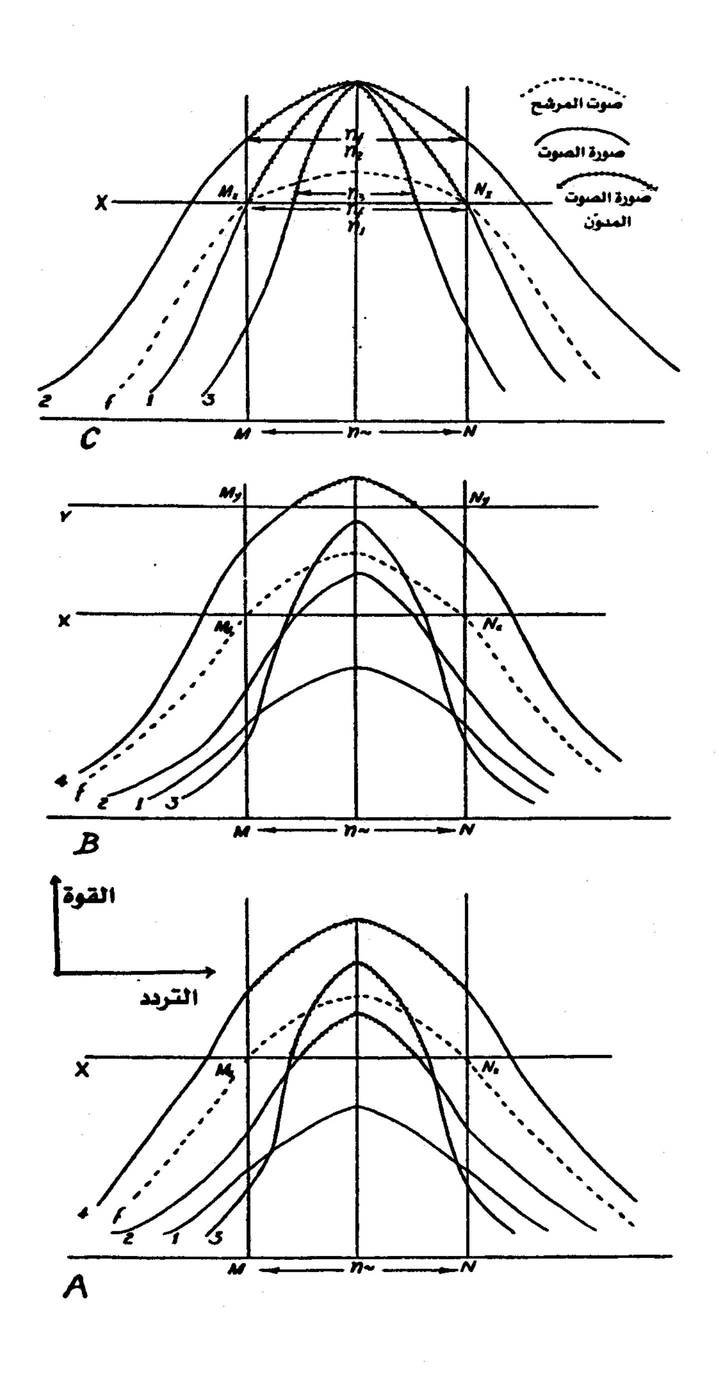
سبق لنا في الفصل الثامن وفي معرض التمييز بين العرض العملي *practical width* للمرشح الرنان المضمحل وبين العرض النظري *theoritcal width* الذي هوغير متناهٍ - أن رأينا أن هذا العرض العملي إنما يتخذ بواسطة نقاط منتصف القوة، وشأن المرشح الرنان المضمحل في ذلك هو شأن الجسم الذي يصدر نغمة مضمحلة، ويعني هذا إذن أننا عن طريق ترشيح صوت من خلال مرشح ذي عرض معين لا نعزل من الرسم الطيفي الترددات التي هي خارج المنحنى الرنيني للمرشح من حيث التردد فحسب، ولكنا نتجاهل أيضاً الترددات التي تكون قوتها أقل من الكمية المتخذة أساساً وحداً فاصلاً في القياس. وهاهنا أوضح عن طريق عدة منحنيات رنينية (قارن الشكل (١٣)) العلاقة بين المرشّح والصوت في الشكل (٢٦ A و B) حيث يعترض مرشح واحد بعينه نغمات متنوعة. يمثل الخط المتقطع الذي أشير إليه بالرمز f المنحنى الرنيني للمرشح. وتشير الخطوط المتصلة المشار إليها بالأرقام 1, 2, 3, 4، بترتيب تصاعدي للقوة إلى أربعة أصوات مختلفة. وتشير الرموز M, N, M_x, N_x إلى موقع نقاط منتصف القوة على محور «التردد - القوة». أما الخط X فيشير إلى حد القوة التي يسمح المرشح بتمريرها، كما تحدد المسافة M - N عرض المرشح بالنسبة للتردد المركزي n ~.

وإذا قمنا الآن بتركيب مرشح من هذا النوع في المطياف فإن أي تردد يمر ويدون بواسطة القلم في جهاز المطياف ينبغي أن يتوافر فيه شرطان يتوقف كل منهما على الآخر.

أولهما: أن يكون تردداً قابلاً للمرور، أي أن يقع خلال النطاق الرنيني للمرشح.

والثاني: ينبغي أن تقع قوة التردد فوق قوة نقطتي منتصف القوة الخاصتين بهذا المرشح. ويلزم عن ذلك ألا يدون المطياف إلا الترددات التي تقع بين النقطتين M, N (من حيث التردد)، وفوق M_x , N_x (من حيث القوة). ولهذا نجد في الشكل (٢٦ A) أن أجزاء معينة من المنحنيات 2, 3, 4 - وقد زودت في الرسم بخطوط قصيرة قاطعة - تستوفى الشرطين من حيث القوة والتردد، على حين نجد أن المنحنى 1 - بالرغم من احتوائه على ترددات مناسبة - إلا أن جميع تردداته غير ذات قوة كافية. أما المنحنى الذي يكون ذا قوة كافية ولكن تردداته غير مناسبة فسيقع إلى اليمين أو إلى اليسار من المنحنيات الموجودة في هذا الرسم الذي لدينا، وستكون ذروته بعيدة عن ذروة هذا الرسم، حتى إن المسافة M - N الخاصة به لن تتداخل مع المسافة M-N الموجودة بالرسم.

والقائم بالتصوير الطيفي - بطبيعة الحال - ليس مجبراً على قبول نقطتي منتصف القوة التقليديتين للمرشح، وكذلك الشأن مع حد القوة المسموح بمرورها، إذ قد يجد من المفيد أن يزيد أو ينقص من الحد دون أن يغير عرض نطاق المرشح. ويبين الشكل «٢٦ B» ما يحدث لهذه المنحنيات الأربعة نفسها إذا زيد الخط X بحيث يصل إلى الوضع Y. وهنا لن ينشط قلم الراسم الطيفي إلا بواسطة أقوى الترددات في هذه المنحنيات الأربعة، ولن تدون الترددات الأخرى لكونها ضعيفة جداً. وهكذا يستطيع القائم باختبار الطيف في صوت مركب أن يختار في هذا الطيف مجموعة ذرى القوة التي يراها ذات أهمية كافية لتسجل على الرسم الطيفي، وأن يستبعد الأخريات التي قد لا تفعل شيئاً سوى أن تزحم الصورة. إنه يستطيع أن يفعل ذلك وهو



شكل : ٢٦ . نغمات مضمحلة ومرشحات مضمحلة

مستقل كل الاستقلال عن خصائص المرشح المستخدم من حيث التردد أو التكوين الطيفي.

ولقد قلت غير مرة إن سواد العلامات في الرسم الطيفي سيزداد بزيادة عدد الترددات التي يتم تجميعها، أي بزيادة كمية القوة الموجودة في لحظة بعينها من لحظات التدوين. وعملية الترشيح التي فرغت لتوي من وصفها تسمح بإقامة علاقات بين هذه الكميات الثلاث: عدد الترددات، والقوة، وسواد الأثر.

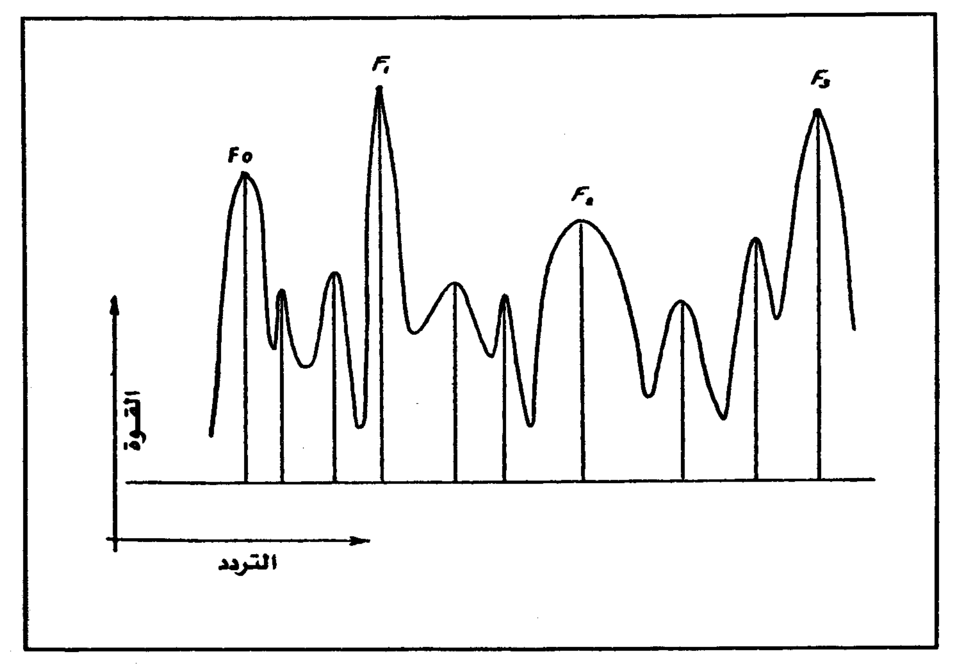
وقد رسمت في الشكل (٢٦ C) ثلاثة «أشكال بروفيلات» للنغمات المضمحلة 1, 2, 3 التي هي ذات قوة واحدة عند ذروتها وقد دُوِّن بعض أجزائها باستخدام المرشح f. والقضية هنا هي: هل ستدون هذه النغمات الثلاث المتحدة في ذروة القوة بدرجة سواد متساوية على الرسم الطيفي أم لا؟ وبما أننا نتعامل مع نغمات مضمحلة تشتمل على عدد من الترددات الثانوية التي قام المرشح بتجميع بعضها - فإن القوة التي تتجاوز قوة ذروة المرشح نفسها ستنتقل إلى القلم. ويتطابق عدد الترددات التي قام المرشح f بتجميعها على هذا النحو في الرسم (٢٦ C) مع عرض الحزمة التي يمثل خط قاعدتها n_f, n_1, n_2, n_3 على التوالي. وأقصى عرض بطبيعة الحال هو عرض المرشح نفسه nf. ويختص هذا الحد الأقصى من العرض أيضاً بالنغمة (n1) 1 والنغمة 2(n_2) وكذلك بكل النغمات الأخرى التي يقطع فيها البروفيل الطيفي الخط X عند نقطتي منتصف القوة M_x, N_x أو خارجها. أما «البروفيلات» التي تقطع الخط من داخل هاتين النقطتين فتمثل النغمات التي تسهم بترددات أقل. وينتج من ذلك أن سواد التدوين في التصوير الطيفي لا يعتمد على ارتفاع البروفيل فحسب (القوة، العلو) بل على شكل البروفيل أيضاً

(التكوين الترددي، النوع)؛ أي أن الرسوم الطيفية التي تتميز بدرجة أكبر من السواد ربما لا تمثل فقط نغمات أعلى بل تمثل أيضاً - على سبيل المثال - نغمات أغلظ (وتتميز بأن لها بروفيلاً مسطحاً) وفي ذلك - بالإضافة إلى ما سبق - تقليلٌ من شأن الرسم الطيفي فيما يتصل بالدقة والثقة عند تحديد كمية القوة أو العلو. غير أن ثمة فوائد معينة تَرْجَحُ هذه الخسارة[٨].

سيكون من قبيل التذكير أن نقول إن النغمة الحنجرية البالغة التعقيد تقوم بمجرد دخولها إلى تجاويف ما فوق الحنجرة بإجراء تعديلات لنوعها وقوتها، بالرغم من أن التعديلات لا تتناول درجة الأساس. وتتم هذه التعديلات عن طريق الرنين والتقوية الناتجة عن حجم هذه التجاويف وهيئتها. ويتسبب كل تجويف في حمل تردد معين من ترددات النغمة الحنجرية على إحداث رنين يمثل التردد الذي يمكن للتجويف إذا أثير أن يصدر عنده صوتاً. وينتج عن ذلك إعادة لتنظيم القوة وتوزيعها على الترددات الموجودة في النغمة الحنجرية، أي حدوث تعديل لنوع النغمة الحنجرية الأصلية. لذلك سيكون التكوين الطيفي للنغمة الحنجرية المعدلة مختلفاً كل الاختلاف عن النغمة الأصلية المنبعثة من الحنجرة قبل التعديل.

والمعروف - من خلال التجارب - أن النغمة الحنجرية في حال النطق بالصوائت تكون عرضةً للتعديل فيما بين نغمة الأساس و ٣٦٠٠ ذ/ث على نحو يكتسب فيه البروفيل الطيفي عدداً معيناً من ذرى القوة، وأن من بين هذه الذرى توجد ذروتان أو ثلاث أو أربع تكون على درجة متميزة من العلو (ويعتمد عدد هذه الذرى العالية على نوع الصائت، غير أن العدد الذي يظهر - أو أُعِدّ ليظهر - في الرسم الطيفي هو ثلاث. وانظر تفسير ذلك فيما يلي من بيان[٩]). ويطلعنا الشكل ٢٧ على تكوين طيفي من هذا النوع (ويلاحظ أننا لم نقصد أن نمثل بهذا الرسم صائتاً معيناً. قارن الشكلين (١١)، (١٣)، والقطاع

السفلي من الشكل ١٩). ولا يعلم المشتغلون بالتصوير الطيفي والأكوستيكيون يقيناً إلى أي خاصية من خصائص الرنين الفموي ترجع هذه الذرى. لقد توهم بعضهم - وهو ما ظهر لنا الآن خطؤه - أن الذرى الثلاث الأولى الواقعة فوق الذروة الخاصة بالدرجة الحنجرية هي التي تمثل ظواهر الرنين الناشئة عن التجاويف الثلاثة الأساسية في الفم، وهي التي تتشكل نتيجة أوضاع اللسان والشفتين على ما هو مبين بالشكل (١٥). (لاحظ أن الذروة الخاصة بالدرجة الحنجرية هي أقل الذرى جميعاً من حيث التردد، وإن كان لا يلزم عن ذلك أنها أضعفها من حيث القوة). ويبدو أن الحقيقة على الصحيح هي أن كل التجاويف قد ترابطت أو تزاوجت، وأنه ليس ثمة تجويف واحد مسؤول بمفرده عن أي ذروة من ذرى القوة بمفردها.[١٠] وترشيح هذا النوع من الطيف المتعدد الذرى لا يختلف في جوهره عن ترشيح تكوين طيفي لا يشتمل إلا على ذروة واحدة كالمبين بالشكل (٢٦). ومن الواضح - مع ذلك - أن أي



شكل ٢٧ حزم ترددية مميزة

مرشح مضمحل ذي عرض معين يمكنه الآن أن يتسع ويمرر عدة ذرى؛ أي أكثر من ذروة واحدة في زمن ما وفي جولة تحليلية واحدة، وأن بعض هذه الذرى يمكن الآن أن يمر ويدون في عدة جولات تحليلية متتابعة. ومن الطبيعي أن يعتمد عدد الذرى التي يمررها المرشح مرة أخرى على عرض المرشح وعلى القوة التي يسمح بتمريرها. وأما بالنسبة للعرض الخاص بمرشح معين فإن حد القوة المسموح بتمريرها يمكن تنويعه بحيث يشمل في التكوين الطيفي أقوى ذروة أو أقوى أربع ذرى أو أقوى عشرين ذروة. وهذا يعتمد على نوع التحليل الذي يريد الباحث إجراءه، وعلى عدد الذرى التي يرغب الباحث في إظهارها على الرسم الطيفي. وقد نوقشت كل هذه القضايا مناقشة مستفيضة مع الشكل (٢٦).

وتسمى هذه الذرى في التصوير الطيفي بالحزم الترددية المميزة *formants*[١١]؛ وذلك لأسباب هي الآن واضحة. وقد أشير لهذه الذرى بالأرقام F_0, F_1, F_2؛ هكذا بدءاً من أقلها وانتهاءً بأعلاها تردداً. (يلاحظ أن بعض المؤلفين يطلقون اسم F_1 على الدرجة الأساسية للجهر على الرغم من أنها ليست حزمة على الحقيقة).

وتنعدم ذرى القوة أو هذه الحزم المميزة في الأصوات غير الرنانة، لأن جوهر هذه الأصوات لا يتعين إنتاجه ونوعه الصوتي (الفوناتيكي) بواسطة الرنين الحادث في التجاويف.

والحزم المميزة في أصوات الكلام الرنانة (غير الأنفية) حين ينتجها رجل طبيعي تقع عادة في حدود مستويات التردد الآتية:

F_1	١٥٠	-	٨٥٠ ذ/ث
F_2	٥٠٠	-	٢٥٠٠ ذ/ث
F_3	١٧٠٠	-	٣٢٠٠ ذ/ث
F_4	٢٥٠٠	-	٤٥٠٠ ذ/ث

ولصوت الأنثى العادية حزم ترددية مميزة أعلى من صوت الرجل بنسبة ١٧٪. ويرجع هذا الفرق إلى أن الطول الكلي للتجاويف الصوتية من الحنجرة إلى الشفتين عند الأنثى هو في العادة أصغر؛ حتى إن أصوات الأطفال تظهر حزماً مميزة أعلى. ودرجة الأساس في صوت الأنثى هي في العادة أعلى من صوت الرجل بطبقة موسيقية واحدة أو (أوكتاف). والقيمتان النمطيتان لهذه الدرجة في المتوسط هي ٢٢٠ ذ/ث للإناث و ١٢٠ ذ/ث للذكور.

* * *

القسم الرابع

الصوتيميات الطيفية

الفصل الثامن عشر

حزم الرنين

تَظْهر حزم الترددات في الرسوم الطيفية ذات النطاق الواسع *broad band spectrograms* على هيئة ما يسمى حزم الرنين *resonance bands* أو قضبان الرنين *resonance bars*. وسأشرح الآن: لماذا وكيف تظهر على هذه الهيئة الخاصة.

وصفت بالتفصيل ما الذي يمكن أن تصنعه المرشحات ذات العرض المتنوع والكيفية التي تنجز بها هذا الصنيع. وهناك جانب مهم من جوانب طريقة العمل يتمثل في أن علينا ألا نكتفي عند اختيار المرشحات بتحديد نطاق معين لتمرير الترددات يقاس عرضه بالذبذبات. إن علينا أيضاً أن ننظر إلى نطاق تمرير القوة الذي تتحدد به درجة حساسية الجهاز لاستقبال القوة (قارن الخط x أو الخط y في الشكل ٢٦). ولهذا قد نستخدم في التصوير الطيفي للأصوات - وهي في هذه الحالة التي نناقشها: «الصوائت» تحديداً - نوعاً من المرشحات يعمل على درجة من الحساسية بحيث يقتصر الجهاز في تدوينه لاتساعات الذبذبات - مثلاً - على الاتساعات العالية نسبياً، وهي التي تتميز بها نتوءات الحِزَم، بينما تَحُول درجة الحساسية المختارة بين الجهاز وبين تدوين الاتساعات الأقل. وعلى ذلك فإنني إذا اخترت مرشحاً عرضه ١٨ ذ/ث يمكنه التقاط كل الترددات الموجودة في جولات القلم بفاصل قدرة ١٨ ذ/ث - حينئذ يمكنني في الوقت نفسه أن أمنع التشويش الناتج عن تدوين الترددات التي لا يتمتع كثير منها بأي قيمة لغوية. ويتم هذا المنع بضبط حساسية القوة في المطياف بحيث يبقى منيعاً ضد جميع الترددات باستثناء

أعلى ثلاثة أو خمسة من نتوءات الاتساع، وهي التي يمثلها الخط n في الشكل (٢٦). وأستطيع - على سبيل المثال - الحصول على رسم طيفي يظهر كل ذرى القوة التي توازي النغمات التوافقية. وسينتج عن مثل هذا التحليل رسم طيفي يبدو فيه عدد من الخطوط المموَّجة، الواحد منها فوق الآخر. ويمثل كل منها خط الكفاف *contour* لتردد نغمة واحدة من النغمات التوافقية. أما المسافة الفاصلة بين النغمات فتتسجم - بطبيعة الحال - مع تردد نغمة الأساس نفسها.

وبالنظر إلى أن النغمات التوافقية لا تتساوى جميعها في القوة = وبالنظر إلى أن ذرى القوة في أي موجة مضمحلة تتنوع ارتفاعاً أو انخفاضاً تبعاً لتوزيع اتساع الذبذبات في الترددات الثانوية الخاصة بكل نغمة توافقية - لذلك يتنوع الجهد الكهربي المنقول إلى القلم، وكذلك ستتنوع من ثَمَّ درجة سواد التدوين. وحين نضبط الجهاز على نظام ١٨ ذ/ث - ١٨ ذ/ث الذي سبقت مناقشته [يعني بأن يكون عرض المرشح ١٨ ذ/ث وأن يكون الفاصل بين كل جولة من الجولات التحليلية ١٨ ذ/ث] أقول: حين نضبط الجهاز على هذا النحو فإنه يقوم بتجميع كل تردد وتمريره من خلال المرشح مرة واحدة فقط، ولذلك ستكون كل العلامات التي يخلفها القلم ذات سمك تدويني واحد، ولن تبدو الإشارات إلى كمية القوة الموجودة إلا على هيئة درجات مختلفة من السواد في نقط أو خطوط متساوية في العرض. وواضح أن مثل هذا التصوير لاتساع الذبذبات والقوة التي تشتمل عليها الذبذبات لن يكون فقط غير قابل للقياس الكمي على الرسم الطيفي كما قد نتوقع، بل إن درجات السواد أيضاً ستدرك بصعوبة شديدة لظهورها في نقط أو خطوط رفيعة كتلك التي يرسمها القلم.

ولقد رأينا - فيما سبق - أن هناك وسيلة يمكن عن طريقها مضاعفة تدوين كل تردد يصل إلى القلم: لقد قمنا بذلك حين استخدمنا مرشحات

أعرض من المسافة التي تفصل بين الجولات التحليلية للقلم. ويمكن - على سبيل المثال - باستخدام المرشح ٥٠ ذ/ث أن يدون كل تردد مرتين أو ثلاثاً .

وإذا نحن حللنا صوتاً باستخدام نظام ٥٠ ذ/ث - ١٨ ذ/ث [وفيه يكون عرض المرشح ٥٠ ذ/ث والفاصل بين جولات القلم ١٨ ذ/ث]، وضبطنا حساسية تمرير القوة بالطريقة السابقة بحيث تسمح بالتدوين لكل النغمات التوافقية فسنحصل مرة أخرى على مجموعة من الخطوط المتموجة على الرسم الطيفي تمثل النغمات التوافقية ولكن كل تدوين هنا سيكون ناشئاً عن مثيرين أو ثلاثة يفصل بينها ٠١, بوصة، وستظهر هذه المثيرات - كما سبق أن ذكرت- على هيئة نقط أو خطوط مضاعفة أو ثلاثية من حيث السمك. وبمثل هذه الزيادة في أبعاد التدوين سيكون التمييز بالنظر بين الدرجات المتنوعة للسواد أيسر أيضاً، وسيكون ممكناً كذلك - بقدر أكبر من اليقين - أن نحدد القوى الأساسية بين التوافقيات، أي أن نحدد من خلال الطيف المناطق التي تنقل فيها القوة بشكل أكثر فعالية، أعني أن نحدد الجزئيات التي تسهم أكبر إسهام في تمييز نوع الصوت في لحظة معينة؛ تلك الجزئيات التي سميناها الحزم المميزة.

وحين نضع رسماً طيفيّاً للصوائت الإنجليزية كما سجلت في القائمة «١» بالنطاق الضيق *narrow band* ٥٠ ذ/ث سنحصل على صور تشبه الرسم العلوي في الشكل (١٩)، وستظهر النغمات - أو على الأقل ستظهر جميع التوافقيات التي تحظى بدرجة من القوة تكفي لمرورها خلال المرشح - على هيئة خطوط أفقية، إذا تمتع الصائت لفترة قصيرة بالثبات كنغمة الشيللو في الشكل (١٩).

وصحيح أن هذا النوع من الرسوم الطيفية التي ينجزها المرشح ذو النطاق الضيق لها أهميتها في تصوير الخط البياني للدرجة في كل تردد من الترددات الداخلة في تكوين الصوت، بشرط أن يكون هذا التردد ذا قوة كافية

للمرور من خلال المرشح، وأن يكون قادراً على تنشيط القلم. غير أنه على الرغم من أهميته تلك ليس مؤهلاً لأن يعطينا معلومات جيدة عن الكميات التي تعد كميات نمطية [مميزة لكل صائت من الصوائت الأخرى]، أي الكميات التي تختلف اختلافاً نمطيّاً في كل صوتيم من صوتيمات الصوائت، ونعني بها الحزم المميزة. والحق أن الحزم المميزة وحدها هي الرغيبة التي نود أن نراها؛ إذ إن التعديلات التي تجري في تجاويف ما فوق الحنجرة للنغمة الحنجرية المعقدة والمكونة من توافقيات كثيرة لا تُبْرز إلا قليلاً من هذه التوافقيات، وذلك بفضل الرنين والتقوية. إن هذه التوافقيات القليلة التي يتم اختيارها وتقويتها وإكسابها صفة الرنين هي التي تعطى للصوت اللغوي نوعه النمطي، ولذلك تسمى الحزم المميزة. وهذه الحزم فقط هي ما يحتاج المرء لعزله وتصويره إذا كان هدفه هو الحصول على نوع من التصوير يحاول به إيجاد صورة متميزة للأصوات المتمايزة.

ونستطيع - بطبيعة الحال - أن نهيئ عملية تمرير القوة في الجهاز بطريقة لا يسمح فيها بالتدوين إلا للترددات ذات الاتساع الكافي لإسباغ تسمية «الحزم الترددية المميزة» عليها. غير أن هذا - كما يمكن أن يرى المرء بسهولة - سيقودنا إلى رسوم طيفية شحيحة بالعطاء إلى حد ما حتى إذا أجريت بالمرشح ٥٠ ذ/ث فضلاً عن إجرائها بالمرشح ١٨ ذ/ث، وسيكون صعباً أن نستدل من هذه الرسوم الطيفية على الشخصية المميزة للصوتيمات، وواضح أن حل هذه المشكلة يكمن في استخدام مرشح أعرض من ذلك.

إذا استخدمنا مرشحاً عرضه ٣٠٠ ذ/ث فإن ظاهرة مضاعفة التدوين سيكون لها الفضل في إظهار كل تردد يبينه الرسم الطيفي على هيئة خط عمودي (يرتفع ١٠ر بوصة بقدر ما يوجد من تدوينات) حين تكون إثارة القلم لحظية، كما ستظهر هذه التدوينات على هيئة نطاق يمتد أفقياً بنفس العرض الرأسي حين تستغرق الإثارة وقتاً. أما حين تكون ثمة عدة ترددات تتوالى

واحداً إثر الآخر في طريقة انزلاقية متصلة فستكون النتيجة نطاقاً متموجاً من السواد.

ولقد ذكرت في خواتيم الفصل الرابع عشر أن الرسم الطيفي بالمرشح ٣٠٠ ذ/ث يكابد خطورة إنتاج مجالات كبيرة متداخلة من اللونين الأسود أو الرمادي. واتضح لنا في الفصل الخامس عشر كيف يمكن بضبط حساسية الجهاز لتمرير القوة ضبطاً صحيحاً أن نمنع ذلك. ولذلك ينبغي حين نستخدم المرشح ٣٠٠ ذ/ث أن نستيقن من أن بداية حساسية القوة في الجهاز تعمل على ارتفاع كاف حتى لا نسمح لكل اتساعات الذبذبات *amplitudes* بأن تثير القلم، وحتى لا تبقى إلا الاتساعات العليا فقط. ولأننا حقاً نود في الرسم الطيفي لأي صائت أن نرى على وجه الدقة ذلك الشيء الذي يجعلها مختلفة عن غيرها من الصوائت الموجودة في اللغة = ولأن الفرق بين الصوائت من حيث نوعها يكمن أكوستيكيّاً في إسهام الأجزاء التي يصل فيها اتساع الذبذبات إلى أقصى قوتها، وهو ما يظهر في التصوير الطيفي على هيئة حزم مميزة - لذلك كله كان الرسم الطيفي الذي يظهر بشكل أساسي هذه الحزم هو الذي يقدم صورة مرئية متميزة ودالة وصحيحة من الناحية اللسانية، شريطة أن يُظهِر الرسم هذه الحزم بصورة واضحة وتامة، وهو ما يفعله الرسم باستخدام المرشح ذي النطاق الواسع وليس بالمرشح ذي النطاق الضيق.

ويمكن أن يظل الرسم الطيفي بالمرشح الواسع الذي يدون أكثر من الحزم الثلاث F_1, F_2, F_3 وهي التي تهمنا - أساساً مقبولاً تماماً مادام غير مزدحم ازدحاماً حقيقياً بالترددات. والآن يستطيع الناظر أن يتبين في يسر الدرجات المختلفة من اللونين الأسود والرمادي التي تنتظم في نطاقات عريضة، وذلك بفضل مضاعفة التدوين بالنسبة لعدد كبير من الترددات المفردة، ونتيجة لتمرير عدة ترددات مع تدوينها في زمن واحد. وحينئذ تمثل النطاقات الأكثر سواداً واتساعاً على الدوام الحزم المميزة الرئيسة، أي مناطق تركز الترددات؛ حيث يقوم المرشّح بتمرير أكبر عدد من الترددات، ويقوم

القلم في الوقت نفسه بتدوينها مع أكبر عدد من التدوينات المضاعفة المتوالية. غير أننا في استطاعتنا أن نهمل التدوين الخاص بالدرجة الحنجرية؛ إذ إنه:

أولاً: غير ذي أهمية لغوية.

وثانياً: لأن هذا التدوين الذي يرسمه القلم للدرجة - كما ذكرت من قبل- ليس من المتوقع أن يقدم في تردداته المنخفضة الخط البياني الحقيقي للدرجة؛ ولذا كان من الأفضل بالنسبة لمن يريد معرفة الخط البياني للدرجة أن يستطلعه على مستوى التوافقيات العليا.

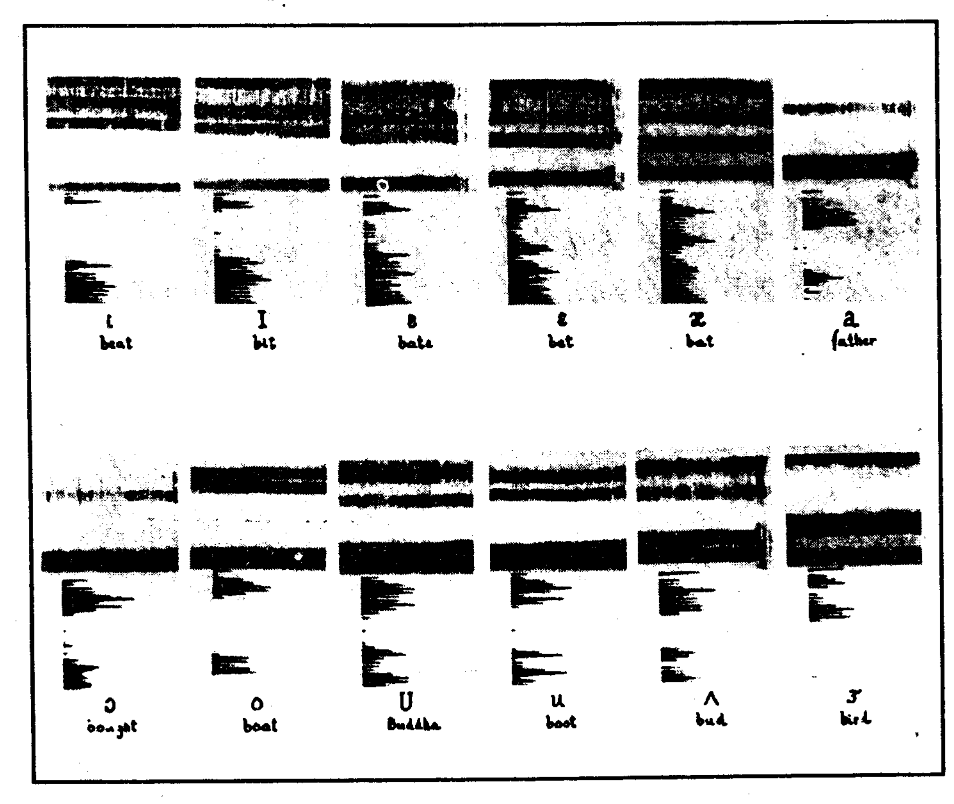
ويقوم عرض الحزم وموقعها المطلق بدور ضئيل في تمييز نوع الصائت، ولكنه ذو صلة بنموذج الترددات التي تكون الحزم؛ أي أنه ذو صلة بالنطق. ونقول بتعبير آخر إن المستويات المطلقة التي توجد عندها الحزم تحددها درجة نغمة الأساس، كما أن عرض الحزم تحدده الخواص الفردية للنطق. أما الخواص التي ترتبط بنوع الصائت فتتمثل في الموقع النسبي للحزم وتوزيعها.

والصور الموجودة في النصف العلوي من الشكل (٢٨) هي رسوم طيفية بالمرشح ٣٠٠ ذ/ث أو المرشح ذي النطاق الواسع للصوائت المسجلة في القائمة «١». لاحظ أننا فقدنا حل الموجة المركبة إلى نغماتها التوافقية، ولكننا ربحنا عرضاً أكثر إفادة وأيسر رؤية للحزم المميزة المهمة من خلال النطاقات ذات اللون الأسود. وتسمى هذه الحزم - بوصفها خاصية من خواص الرسم الطيفي - **بنطاقات الرنين** *(resonance) band* أو **فواصل الرنين** *(resonance) bars* وترجع هذه التسمية إلى أنها تمثل أنواع الرنين التي تحدثها بعض مكونات النغمة الحنجرية في التجاويف الواقعة فوق الحنجرة.

وينبغي أن نذكر أن المطياف المسؤول عن الرسوم الطيفية التي نعرضها هنا مزود بالقدرة على تضخيم الترددات؛ حيث يعمد إلى الترددات العالية - التي هي ضعيفة في الكلام بوجه عام - فيسبغ عليها صفة التضخيم، وهذا

يعني أن اتساعات الترددات الخاصة بالحزم المميزة العليا قد ضخمت بأكثر من حجمها الطبيعي. لكنه بالنظر إلى أننا لا نبحث في مثل هذه الرسوم الطيفية إلا عن الموقع النسبي للحزم - وليس عن قوتها وموقعها المطلقين - لذلك لن يشتمل تضخيم الترددات على تشويش ذي بال (يلاحظ أن بالإمكان أيضاً ضبط الرسم الطيفي بحيث يخفض الترددات إذا كان هذا ضرورياً أو موغوباً فيه).

أما الصور الموجودة في الصف السفلي من الشكل (٢٨) فهي صور طيفية أو قسائم لاتساع الذبذبات *amplitude sections*، وهي التي تبدو في الشكل (١٩). ونظراً لأن الصوائت أو أجزاء الصوائت التي صورت طيفيّاً ثابتة

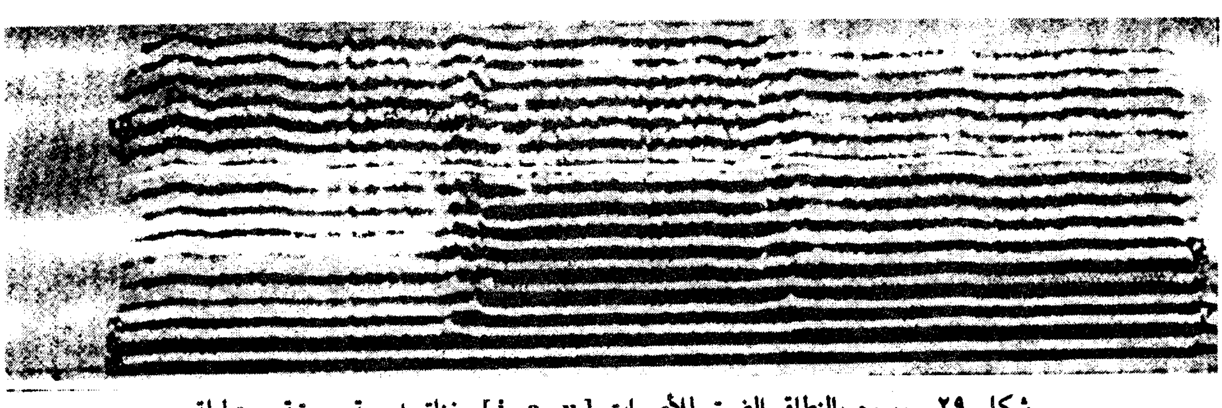


شكل ٢٨ . رسوم طيفية وتقاسيم لاتساع الذبذبة في الصوائت الإنجليزية

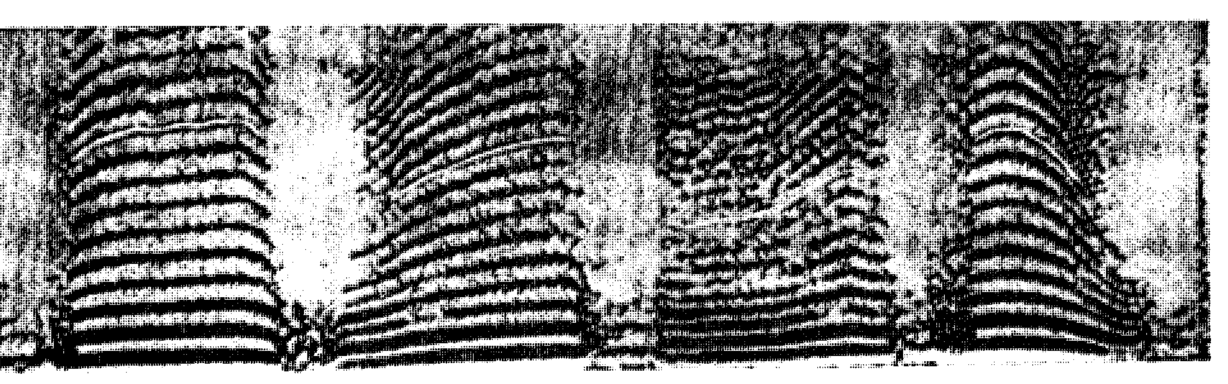
في هذا الشكل وغير متغيرة طوال المدة القصيرة التي استغرقها النطق وأظهرها الرسم؛ وأن هذه الصوائت أو أجزاءها تبدي لنا نطاقات من الرنين أفقية ومتوازية تنشأ عن النطق ذي المستوى الثابت - لذلك كله فإن أي صورة تلتقط للتكوين الطيفي في أي نقطة هي صورة صادقة وكاملة لتكوين الصائت؛ من حيث علاقة التردد بالقوة (قارن ما قلته عن التكوين الطيفي الأول في الشكل (١١). ومن مثل هذه القسائم التي نقتطعها لاتساع الذبذبات يمكننا أن نحدد على الرسم الطيفي بمزيد من الدقة والسهولة ظروف اتساع هذه الذبذبات؛ أي ظروف النبر الذي يَسُود العينة على نحو يفوق اعتمادنا في ذلك، على درجة سواد العلامات (١).

وتعرُّف المشاهد إلى الرسم على نطاقات الرنين في رسم طيفي بالمرشح ليس عملاً بالغ الصعوبة. وإذا نظرت مرة أخرى إلى الشكل (٢١) الذي أعد ليشرح - باستخدام رسم طيفي بالنطاق الضيق - النغمات التوافقية للحن ينزلق من تردد إلى آخر = فستلاحظ أيضاً مناطق معينة ذات درجة أكثر سواداً، وتسير من الشمال إلى اليمين خلال الرسم الطيفي كله. وتمثل هذه المناطق الحزم المميزة للصائت [i] الذي نطق به المغني خلال الخط اللحني كله. أما إنتاج الشكل (٢٩) فقد تطلب من المغني أن ينطق بسلسلة الصوائت [i - a - u] بدرجة مستطيلة مستوية، بدلاً من استمرار النطق بصائت واحد بدرجات مختلفة. ولذلك يظهر تحليل النغمات التوافقية على هيئة خطوط متوازية (وقد رسمت النغمة التوافقية العاشرة باللون الأبيض. وقارن نغمة التشيللو المستطيلة في الشكل ١٩). أما الآن فإن الأجزاء الثلاثة من الرسم الطيفي التي تمثل على الترتيب [i - a - u] تُبدي ثلاثة تشكيلات من مناطق ذات درجة أكثر سواداً تقابل الحزم المميزة في الصوائت الثلاثة.

ويوضح الشكل (٣٠) النطق بالصائت [i] أربع مرات يتميز بعضها من بعض باختلاف التنغيم. ونماذج التنغيم الأربعة التي استخدمت هنا هي النماذج الأربعة



شكل ٢٩ . رسوم بالنطاق الضيق للأصوات [i - a - u] مغناة بدرجة صوتية مستطيلة



شكل ٣٠ . رسوم طيفية بالنطاق الضيق للصائت [i]
منطوقة بأربعة أنماط تنغيمية (نغمات اللغة الصينية المشتركة)

في اللغة الصينية المشتركة *mandarin chinese*[٢] وهي: النغمة المستوية، والصاعدة، والصاعدة - الهابطة، والهابطة. بهذا التنغيم يكتسب الصائت [i] أربعة معان متميزة هي «يشفى» و«يشك» و «كرسي» و «سهل». وكما علينا أن نتوقع - ستظل حزم الصائت [i] كما هي خلال الكلمات الأربع؛ فهي غير قابلة للتمييز، على حين تكون النغمات التوافقية تابعة للتنغيم؛ أي للنغمات الأربع في اللغة الصينية المشتركة (وقد رسمت النغمة التوافقية العاشرة أيضاً بالأبيض).

ولذلك فعلى الرغم من أن الرسم الطيفي بالمرشح الضيق يمكن أن يمدنا بدلالة ما عن موقع الحزم؛ من الواضح مع ذلك أنه إذا كان غرضنا الأساسي هو إظهار نطاقات الرنين لكي نميز بمزيد من وضوح الرؤية النماذج النمطية لقضبان الرنين، أي لنميز أصوات الكلام وليس تنوعات الدرجة، حينئذ سيؤدي لنا استعمال مرشح ذي نطاق عريض (واسع) خدمة أفضل.

وبالإضافة إلى الوسيلة التي تستخدم في المطياف - عند الضرورة أو حسب الرغبة - لتنظيم حساسية الجهاز للقوة؛ بحيث تَستخلص من القوى ما يزيد على الحد الأدنى الذي يختاره القائم بالتجربة لكي يدونه القلم - من الممكن أيضاً تضخيم العلو في عينة الكلام المسجلة على الشريط أو إنقاصه قبل إدخالها إلى الجزء الخاص بالتحليل في الجهاز، حتى إنه ليمكن تقوية أي تسجيل منخفض القدرة على الإسماع أو تعديل التسجيل ذي الصوت المرتفع. وبالموازنة بين هذين النوعين من ضبط القوة: النوع الموجود بالجهاز نفسه، والنوع الآخر الخاص بالتسجيل المراد تحليله - يستطيع القائم بالتجربة من خلال المحاولة والخطأ أو بواسطة الحسابات الرياضية أن يصل إلى إنتاج رسم طيفي يشتمل بكل دقة على التقابلات المطلوبة، وعلى درجات السواد التي تصور بطريقة أفضل المكونات المهمة في الصوت موضوع التجربة. والحقيقة أن الجهاز الذي يمكن الحصول عليه تجارياً جيد التدريج، حتى ليمكن الحصول على نتائج مقبولة بوجه عام حين تتحرك إبرة مؤشر الصوت

حول «الصفر». ويبدو أن أفضل ضبط لعلمية الترشيح تتحقق به أهدافنا من تحليل الكلام كما تتحقق الرغبة في التوصل إلى أقدر الصور على بيان التمايز على المستوى الصوتولوجي - هو ذلك التنظيم المستخدم في إنتاج الشكل «٢٨»؛ وذلك لأنه يُنتِج على نحو أفضل أهمَّ خصائص الأصوات اللغوية التي تندرج في عداد الصوتيمات عامة أو في الصوائت على أقل تقدير. (وانظر مناقشة ما يتصل بالصوتيمات التي ليست بصوائت فيما يأتي من فصول).

ويحصل لنا من المناقشات السابقة أن الطرق المتعددة للتصوير الطيفي تقوم بإنجاز مهمات محددة في تصوير الكلام:

١ - فالرسم الطيفي بالنطاق الواسع يبرز الحزم المميزة، أي النماذج النمطية للقوة خلال الترددات الموجودة خلال مسار نطق ما.

٢ - والرسم الطيفي بالنطاق الضيق يبرز النغمات التوافقية، أي النموذج اللحني التنغيمي لنطق ما.

٣ - وقسائم اتساع الذبذبة *amplitude sections* تبرز التكوين الطيفي؛ أي القوة أو كمية النبر الموجودة في الترددات المكونة لصوت ما في لحظة معينة.

ونقول بعبارة أخرى: إن الأول يوضح ما يوجد من صوتيمات في نطق ما، والثاني يبرز التنغيم، والثالث يشير إلى نموذج النبر. ومن الطبيعي أن كل هذه الجوانب الثلاثة يمكن اختبارها لا منفصلاً بعضها عن بعض فحسب، بل كذلك في طريقة تجميعية، أو بالانتقال من بعضها إلى بعض، أو بطريق المجاورة (قارن الأشكال ١٩، ٢٨، ٣١).

والأصوات الأخرى غير أصوات الكلام مثل النغمات الموسيقية وغناء الطيور وزمجرة المحركات ودقات المطارق وكل الأصوات التي تحيط بنا تتطلب نوعاً آخر من التحليل بالصورة الطيفية باستخدام مرشحات مختلفة وحدود مختلفة لتمرير القوة. وتتطلب غالباً تدوينات تتجاوز ٣٦٠٠ ذ/ث.

وأفضل ضبط للجهاز بالنسبة لكل مهمة من خصائص الصوت ينبغي أن يحدد بالتجربة، فهي التي ستظهر ما يُعدّ أعظم الخواص النمطية للصوت، وما نحتاج إلى تصويره مؤثرين إياه على غيره من الخواص. والحق أن وصف الصوت وصفاً كاملاً باستخدام التصوير الطيفي - بما في ذلك الصوتيمات - يتطلب عدة أنواع من الرسوم الطيفية ينظر إليها معاً، لأن كل رسم من هذه الرسوم الطيفية قابل لأن يزودنا ببعض المعلومات لا بجميعها عن الصوت الذي هو موضوع تحت الاختبار. ومن فضول القول إذن أن نقول: إن فائدة المطياف لا يستفدها البحث اللساني، كما لا يستفدها بالتأكيد ما يمدنا به هذا الجهاز من رسوم طيفية للكلام اكتسبت بسبب خصائصها المرئية المتميزة والممتازة اسم «الكلام المرئي».

* * *

الفصل التاسع عشر

الصوتيمات الطيفية (الصوائت)

ذكرت من قبل أن الأصوات ذات الخصائص الأكوستيكية التي لا تكون متطابقة بل تقتصر العلاقة بينها على المشابهة - تقوم كل لغة بتصنيفها لغوياً على أنها فئات من الأصوات المتطابقة. (وقد يعترض بعض اللسانين على اشتراط ضرورة توافر الشبه الأكوستيكي، أو الفوناتيكي. ولكني شرحت من وجهات نظر متعددة علة إيثاري لعدم تجاهل الاعتبارات الفيزيائية عند القيام بالتحليل الصوتيمي. ويلزم عن ذلك أن تطابق فئات الأصوات المدركة لغوياً - على الرغم من غياب التطابق بينها اكوستيكياً (وهو أمر لا يمكن تجنبه) - يجب أن يقابله تطابق لساني بين فئات الأصوات المنطوقة على الرغم من انعدام التطابق بينها في الأحداث التي تشكل واقع الأداء النطقي. أستطيع أن أصوغ ذلك بعبارة أخرى فأقول: إنه لا يمكن أن يتطابق صوتان من أصوات الكلام لا من الوجهة الأكوستيكية ولا من الوجهة النطقية؛ إذ إن الفعل الفيزيائي النطقي لا يمكن أن يتكرر على نحو دقيق؛ سواء من المتكلم نفسه أو من متكلمين مختلفين. غير أن جميع الأفراد الذي ينتمون لجماعة لغوية واحدة ويتكلمون لغة واحدة قد اتفقوا وبحكم العادة - في الحكم على هذه الأصوات بالتطابق، وفي القدرة على محاكاتها. ويقع هذا التطابق في حدود فئات صوتية محددة، وبدرجات محددة من التجاوز، وبهذا تُعزى جميع الأصوات التي يطابق بعضها بعضاً لغوياً، على الرغم من غياب التطابق بينها أكوستيكياً - إلى فئة واحدة نسميها صوتيماً. وأقول بعبارة أخرى إننا لا ننطق بـ «صوتيم» *phoneme* بل بأصوات *phones*. ولكننا نمارس التعرف إلى الصوت

وتصنيفه والنطق به في إطار الفئة التي ينتمي إليها، ونحن نتعلم كيف نلاحظ ما لهذه الحدود من أهمية داخل النسق البنائي في أي لغة.

والواقع أنه ليس ثمة بين المتكلمين اثنان يحوزان نفس أعضاء النطق، سواء من حيث الخصائص التشريحية أو العمليات الفسيولوجية، ومع ذلك فجميع المتكلمين يستطيعون أن يتعلموا كيف يحركون أعضاء النطق لديهم على نحو يَنْتج عنه لغويًا أصوات واحدة قابلة لأن تصنف تباعاً إلى صوتيمات بعد تجاوز ما يميز الأفراد من سمات شخصية.

ولئلا يساء فهمي أود أن أوضح ما يأتي: حين أقول بتطابق الفئة الصوتية واقتران هذا التطابق بضرورة توافر الشبه الصوتي (الفوناتيكي) بين كل أفراد الفئة لا أضع في ذهني حدوداً ذات صرامة مطلقة؛ فلو أن مثل هذه الصرامة والتوازن كان هو القاعدة لامتنع على اللغات أن تمارس التغيير في بنيتها الصوتيمية مع أننا نعلم أنها تفعل ذلك.

فلنفترض أن ثمة لغة تشتمل على الصائتين / ∈ / و / æ / بوصفها صوتيمين متجاورين مخرجاً. في مثل هذه اللغة قد نصادف النطقين [^ æ] و / ^ ∈ / في بعض المواقع بوصفهما **بديلين موقعيين** *positional variants*، أو بوصفهما لهجات شخصية أو بدائل اجتماعية بحكم العادة على ألسنة بعض المتكلمين. [ويقصد بالرمزين ^ و ˅ المستخدمين مع الرمزين الصوتيين للصائتين أن ينطق الصائت [æ] بارتفاع في المخرج يقترب به من مخرج الصائت [∈]، وينطق الصائت [∈] بانخفاض في المخرج يقترب به من مخرج الصائت [æ]]. وربما يصل التقارب بين الصائتين إلى أقصى مدى حيث النقطة التي ينطبق فيها أقصى انخفاض للصائت [∈] على أقصى ارتفاع للصائت [æ] فوناتيكيا. فلنطلق على التحقق الصوتي الناتج في نقطة الانطباق هذه اسم: **البديل الصوتي** [س~]. ومن المعلوم أن اللغة تفرض ضرورة مراعاة التمايزات الصوتيمية، ولذلك تصبح الفرصة سانحة لظهور

تشكيلات النطق الآتية:

الصيغة الصوتيمية / ∈ / : / æ /

التحقق الصوتي (١) [∈] : [æ]

التحقق الصوتي (٢) [∈] : [æ^]

التحقيق الصوتي (٣) [∈] : [س~]

التحقيق الصوتي (٤) [∈ ٧] : [æ]

التحقيق الصوتي (٥) [س~] : [æ]

يتبين مما سبق أن التمايز الصوتيمي يظل محفوظاً حتى عندما يتبادل الصائتان / ∈ / و / æ / الحدود. وهكذا يتمكن المستقبل من أن يميز نطقيّاً وفوناتيكيّاً وطيفيّاً بين الكلمتين bat و bet في أي وقت بمجرد تعرفه إلى درجات التمايز التي اعتاد المتكلم باللغة أن يستخدمها. ولن يتطلب اقتراح هذا التدرج على ذاكرة السامع تصريحاً قطعي الدلالة من المتكلم أو من طريقة نطقه للكلمتين bat و bet، حتى وإن اعتاد أن ينطق أو يسمع الكلمة [b س~ t] بديلاً للكلمة bet [ويقصد بالكلمة [b س~ t]، أي نطقها بصائت محايد لا يمكن عزوه صراحة إلى أي من الصائتين]. وعلة عدم الحاجة إلى هذا التصريح القاطع من المتكلم هي أن سماع العبارة:

The pitcher was at [b س~ t]

سيستدعي بدون خطأ معنى bat. (وربما تظل عبارة [b س~ t] He raised his عبارة ملتبسة. غير أنه ليس ثمة نطق في المحادثة العادية ينطق به معزولاً وعارياً من أي سياق دالٍّ من المقال أو من مقتضى الحال[٣]). أما حين تخفق جميع هذه العوامل فقد يظل اللبس باقياً حتى توضحه المترادفات أو إعادة صياغة العبارات (ومثل هذا الغموض هو بالفعل جوهر التورية).

ومع ذلك هناك احتمال آخر، ونعني به الاحتمال الآتي:

التحقق الفوناتيكي (٦) : |س] : [س](٤)

إن مثل هذا التحقق إذا ظل سمة فردية عارضة فإن السامع أو الناظر إلى الرسم الطيفي سيعامله كما يعامل غيره من الحالات الأخرى التي تسبب سوء الفهم أو اللبس. أما إذا صار هذا النطق نمطاً معيارياً لجميع أفراد الجماعة اللغوية فإننا نواجه حينئذ بتحييد للتقابلات الصوتيمية؛ أي باندماج صوتيمي *phonemic merger*(٥). وإذا نظرنا إلى ذلك من الوجهة الزمانية *diachronic* فإن الظاهرة حينئذ تكون من اختصاص اللسانيات التاريخية *historical linguistics*، وهو أمر لا يعنينا هنا. أما إذا كانت نظرتنا آنية *synchronic* فإن معالجتنا ستكون لبنية صوتيمية لها صوابها الخاص تشتمل على منظومة مختلفة من التقابلات والصوتيمات. ولسنا هنا في حاجة إلى أن نرجع في تصنيفها إلى أي بنية أخرى معاصرة لها أو سابقة عليها، بل إن اعتماد هذه المرجعية محظور.

لقد سلمت بمفهوم التدرج الذي يسمح بوجود مجال معين من التحقق الصوتيمي مادام التقابل بين الصوتيمات محفوظاً(٦). وإذا تأملنا لغة كالإنجليزية - ممثلة في القائمة «١» التي تشتمل على خمسة صوائت حنكية (غارية) *palatal* بالإضافة إلى الصائت /a/ - طرأ على أذهاننا سؤال هو: هل يمكن لمتكلم ما - على أساس التدرج في تحقق الصوتيمات أن ينزل بموضع نطق الصائت / i / بالقدر الذي ينطق فيه غيره من الناس الصوتيم / ϵ / بالشرط الآتي وهو: أن يضغط الصوتيمات الأربعة الباقية داخل المسافة الواقعة فيما بين نطقه هو للصائت [ϵ] - حيث يتحدد ارتفاع مخرجها باختياره وحسب رغبته - وبين الصائت [a] - حيث ينخفض مخرجه إلى موضع النطق به لدى أي متكلم آخر - وذلك من غير إخلال بمتطلبات التقابل الصوتيمي المميز بين الصوائت الأربعة الباقية؟

لو أن ذلك كان فسيعني - في الواقع - أن هناك صوتيماً واحداً متعيناً في هذه اللغة يمكن أن يتحقق نطقياً بالصائت [i] كما يفعل غالبية المتكلمين، وبالصائت [∈] كما يفعل القليل منهم لأي أسباب كانت. وإذا كان هذا هكذا فهل يمكن أن نوسع مفهوم التشابه الصوتي بين التحققات المختلفة لصوتيم واحد بحيث يشمل وحدات كالصائتين [i] و [∈]، وهما بكل مقاييس الأداء اللغوي - غير متشابهين؟

(وقد يرد هنا اعتراضٌ. فالمتكلم الذي لا تشتمل لغته إلا على الصوائت الثلاثة/u/ و /i/ و /a/ قد لا يتمكن بالفعل من أن يميز بالسماع الفرق التقابلي بين /i/ و / ∈ / في لغة أخرى، أو أن يعيد النطق به؛ ومن ثم يتشابه عليه الصائتان [i] و [∈] فعلاً. غير أن المشكلة الناشئة عن هذا الاعتراض هي من مشكلات **الصوتيميات المقارنة** *comparative phonemics*، وهذا موضوع دقيق ومراوغ قلّت العناية به في مكتبة هذا العلم حتى الآن، ومثل هذا الأمر لا يلزم عنه أن يستخدم مثل هذا المتكلم في لغته الخاصة صوتاً مثل [∈] ليكون تحققاً نطقياً للصائت /i/ مع ما بينها من البعد. ونسوق مثالاً على ذلك بمن يتكلم الأسبانية؛ فالأسبانية لا تشتمل درجات التقابل فيها إلا على الصوائت /u/ ;/a/ :/e/ :/i/. وقد لا يتمكن مثل هذا المتكلم من تمييز التقابل النطقي بين /I/ ;/i/ بالسماع أو من إعادة النطق به عندما يتكلم الإنجليزية أو يستمع إليها. ومع ذلك فإنه لن ينطق على الإطلاق بالصائت الأسباني /i/ نطقاً يُحكم عليه بأنه وثيق الشبه بالصائت [I] على أساس من التدرج الصوتيمي في الأسبانية. أضف إلى ذلك أن من يتكلم الأسبانية مستخدماً الصائت [I] إنما ينطق بها مشوبة بلكنة أجنبية. ونوضح هذا المشكل بمثال آخر: فالفرنسي قد يجد صعوبة كبيرة في النطق بالصوتيم(٧) [χ] في الألمانية كما في الكلمة الألمانية nacht. مع أن هذا المتكلم الفرنسي ينطق بأحد صور الراء اللهوية /r/، وهي صورة تساوي صوتيّاً صور النطق

المعتادة للصوت [χ] التي يتحقق بها الصوتيم / χ / في الألمانية. وحسبك بما في هذا الأمر من الغرابة. إن الكلمة soir التي هي صوتيمياً /swar/ ينطق بها الفرنسي [swaχ]).

وإذن فلو حدث بالفعل أن ناطقاً بالإنجليزية نطق فعلاً بالصوتيم /i/ في صورة [i] أو [∈] ضاغطاً المسافة بين الصوائت الأربعة المتقابلة لتشغل المسافة الواقعة فيما بين الصوتيمين / ∈ / و / a / = واتسم هذا النطق بشيء من الاطراد - فسينتج عن ذلك أن صورة الرسم الطيفي ستشتمل على شبه شديد القرب، وتدوينات متداخلة بين صوتيمات نزعم أنها تمثل صوتيمات متمايزة لا شبه بينها، وسيؤدي ذلك إلى حيرة مستغلقة ليس لها حل؛ ذلك أن الرسم الطيفي إنما هو نتيجة آلة لا لغة لها ولا ثقافة؛ ومن ثم فهي لا تعرف شيئاً اسمه صوتيمات، ولا وجود عندها لمنظومة رقمية من وسائل التمييز الصوتيمي. ومادام التصوير الطيفي لا يعرف هذا النوع من الفوضى وجب أن يكون السبب في انعدام الفوضى في التصوير الطيفي أن درجة التجاوز أو التسامح الأكوستيكي في الكلام لا تذهب بعيداً إلى هذا المدى، وأن المتكلمين وعلى وجه الإجمال - يحجمون عن أن يضع بعضهم بعضاً في مثل هذه الاختبارات الأكوستيكية القاسية والمؤدية إلى التباس المقصود من الكلام. لذلك فإني أشك في وجود اللغة التي تُحمِّل المتكلمين بها والسامعين لها عبئاً يقتضيهم أن يصنعوا أربع درجات من التمايز الدال خلال المسافة الأكوستيكية والنطقية (ومن ثَمَّ الطيفية) الواقعة بين الصائتين [∈] و [a]. وإذا شئنا وضع المسؤولية في نصابها، أي وضعها على عاتق مستعملي اللغة لا على اللغة قلنا إن البشر نادراً ما يسمحون لنظام صوتيمي من هذا النوع بأكثر مما يسيغون قطعة موسيقية تقل المسافات الدالة فيها عن $\frac{١}{٤}$ تون، أو حتى عن $\frac{١}{٢}$ تون على السلم الموسيقي التقليدي الذي يتكون من ٧ تونات(٨). إن تطلب إجراء تقسيم ثقافي عرفي لكمية فيزيائية مبالغ فيه إنما يرهق حدود

الإدراك الفيزيائية عند البشر، ولا يترك عذراً أو مكاناً لأنواع القصور الإنساني في السماع والأداء. (وفي حدود علمي لم يتم حتى الآن بحث موضوع الكلام بحثاً علمياً كمياً من هذه الناحية).

والحق أن الدعاوى الصوتية والصوتيمية القائمة على أساس القول بصعوبة صوت ما قد ذاع الشك فيها؛ لأنها في الغالب دعاوى نسبية ومشروطة بالثقافة؛ فالراء التشيكية الترددية الاحتكاكية /r^{v}/ صعبة النطق على أي إنسان إلا من كانت لغته القومية هي التشيكية، غير أن من الحق أيضاً أن هذا الصوت بالنسبة لهذا المتكلم ليس بأصعب من نطق الراء الترددية غير الاحتكاكية /r/. ومع ذلك لا ينبغي أن نهمل إهمالاً قاطعاً الدلائل التي تشير إلى استحالة النطق بلفظ ما أو صعوبته أو سهولته؛ لأننا في الكلام إنما نعالج أحداثاً فيزيائية تصدرها وتدركها أعضاء بشرية ذات حدود بشرية لا يمكن تجاوزها؛ سواء من حيث مهارة الحركة أو القدرة على الإدراك، وإن كانت هذه الدلائل في حاجة إلى أن تفحص في حرص بكل الوسائل قبل أن تحظى بالقبول(٩).

لهذا يبدو لي أن ثمة شبهاً أكوستيكيّاً قابلاً للثبات بين الغالبية العظمى من تحققات الصوتيم الواحد. كما يبدو لي أيضاً أن تحويل المرونة في الحدود المميزة للصوتيم إلى رخص صوتية اعتباطية هو أمر يرد عليه الاعتراض العلمي لأسباب عملية؛ ذلك أن تعيين حدٍّ لمجال تحرك الصوتيم على سلم التدرج المطلق والتعرف إليه أكوستيكياً هو من الأمور الضرورية العملية حتى وإن كان لهذه الحدود صفة المرونة.

ولا أراني في حاجة إلى أن أتذرع بحجة «العملية» والاعتداد بصواب رأي المتكلمين من أبناء اللغة؛ فالنظرية الصوتيمية الحديثة(١٠) تطرح علينا رؤية للصوتيم يتمثل فيها الاهتمام الصائب بالحقيقة الفيزيائية، وتعيد تنظيم ما

يتهددها من نسبية لا تعرف التنظيم والتحديد. إنها تشترط أن يتحدد كل صوتيم بمنظومة كلية من السمات المائزة المتزامنة.

حتى هذه المرحلة من الإيضاح ومناقشة وسائل التمييز بين ذوات الصوتيمات /u/ و /i/ و /e/ و /∈/ و /a/ إلا المقابلة بينها على أساس السمات: عليا *high* في مقابل سفلى *low*؛ وضيقة *closed* في مقابل مفتوحة *open*؛ وأمامية *front* في مقابل وسطى (مركزية) *center*. ومرجعية جميع هذه الألوان من التقابل هي إلى النطق، وتحديداً إلى وضع اللسان والفك السفلي. غير أني بذلك أكون قد أهملت سمات مهمة أخرى في التقابل ذات طبيعة أكوستيكية مثل السمات: متضامة *compact* في مقابل منتشرة *diffuse*، ومتوترة *tense* في مقابل رخوة *lax*، وجاسية *strident* في تقابل لينة *mellow* ، وثقيلة *grarve* في مقابل حادة *acute*.. إلخ[11]. (وهذه الصفات تستخدم على سبيل المجاز. وأعتقد أن اختيارها يعتمد على الاحتكام إلى الحس الذوقي للمستخدم - وإن كان هذا المعيار ليس موفقاً في كل حال). وتظهر هذه السمات بالتصوير الطيفي في صورة التقابلات الآتية على التوالي:

- مزيد من تركيز القوة في منطقة مركزية ضيقة إلى جانب زيادة في الكمية الكلية للقوة [وذلك مع الصائت المتضام]، في مقابل تركيز أقل للقوة مع تناقص في الكمية الكلية للقوة [مع الصائت المنتشر].

- كمية من القوة أكبر مع مزيد من انتشار الطاقة في الصور الطيفية والزمن [مع الصائت المتوتر]، في مقابل كمية من القوة أقل مع انتشار للطاقة أقل [مع الصائت الرخو].

- ضجة ذات شدة أعلى [مع الصائت الجاسي]، في مقابل ضجة ذات شدة أقل [مع الصائت اللين].

- تركيز للقوة مع الترددات المنخفضة في الصورة الطيفية [مع الصائت الثقيل] في مقابل تركيز أقل مع الترددات العليا [مع الصائت الحاد]. وهكذا..

ومن الواضح أننا كلما زدنا من تحديد العلاقة بين عدد من الوحدات بإعمال شروط التقابل التي تتمايز على أساسها هذه الوحدات بعضها من بعض = وكلما زدنا من عدد التقابلات بين كل زوجين من هذه الوحدات - زاد بذلك نصيب كل وحدة في هذه العلاقات من دقة التحديد على أساس من نعتها بخصائص مطلقة.

وسأشرح هذه القضية بالرجوع إلى لعبة تسمى «حيوان، نبات، جماد». في هذه اللعبة يتفق عدة أشخاص على شيء معين، ثم يطلبون من شخص آخر تحديد هذا الشيء. وبقدر ما لهذا الإنسان من مهارة يطرح على الجماعة المتفقة فيما بينها سلسلة من الأسئلة بطريقة ينبغي أن تكون الإجابة عليها اختياراً بين نعم أو لا. إنه - بعبارة أخرى - يحاول أن ينشئ عدداً من التقابلات الثنائية. وتستثنى كل إجابة بـ «نعم» أو «لا» كل الأفراد المنضوية تحت أحد القسمين في التقابل الثنائي. وهكذا يتم لهذا السائل تحديد الشيء المطلوب معرفته من خلال التقليل المطرد في مجموع الأفراد المنضوية تحت هذه الأزواج المتقابلة. وتكون جودة التخمين هنا عوناً له، على حين يضره التخمين الرديء. ولنفرض أن موضوع السؤال كان عن «شكسبير»، وأن السائل قد أُخْبِر بأن المسؤول عنه «حيوان»، حينئذ يمكن أن تتخذ أسئلته عن التقابلات الثنائية المسار الآتي:

- حي (في مقابل ميت)؟

-لا.

- إنسان (في مقابل غير إنسان)؟

- نعم.

- ذكر (في مقابل أنثي)؟

-نعم.

- أمريكي (في مقابل غير أمريكي)؟

- لا.

- آسيوي (في مقابل غير آسيوي)؟

- لا.

- أوربي (في مقابل غير أوربي)؟

- نعم.

- إنجليزي (في مقابل غير إنجليزي)؟

- نعم .

- فيما بعد عام ١٧٠٠ (في مقابل ما قبل عام ١٧٠٠)؟

- لا.

- وعند هذه النقطة يعرف السائل أن عليه أن يقوم بمزيد من التحديد لرجل إنجليزي عاش قبل ١٧٠٠.

والآن يمكننا أن نتخيل أن مخ الإنسان حين يستقبل صوتاً من أصوات الكلام يسير من خلال سلسلة مشابهة من الأسئلة التي يجاب عنها بنعم أو لا والتي تتعلق بما نسميه السمات الفارقة.

- هل الصوت صوت علة (في مقابل ما هو غير علة)؟

- هل هو متضام (في مقابل منتشر)؟

- هل هو رخو (في مقابل متوتر)؟

- هل هو حاد (في مقابل ثقيل)؟...وهكذا.

وكلما طرح المزيد من هذه الأسئلة حول التقابلات الثنائية وأجيب عليها توصل السامع بشكل أدق إلى تحديد العنصر المقصود. وأجدني في مسيس

الحاجة إلى التنويه بالسرعة غير المتخيلة التي يعمل بها المخ، والعدد الهائل من الأسئلة التي يجاب عنها بنعم أو لا مما يمكن له أن يفرزه، وبالسرعة التي يمكن لهذا السبب أن يصنف بها أي انطباع سمعي في النطق تصنيفاً صوتيمياً.

ونحن بالإضافة إلى ذلك نعرف أن الكلام - أو أي رسالة ذات معنى يمكن افتراضها - هو أمر قابل للإدراك. وهذا يساعدنا إلى حد كبير؛ لأنه يسمح بقدر من التخمين. واللغات أيضاً فضفاضة على كل المستويات الصوتيمية والصرفيمية والتركيبية (باستثناء اللغة المثالية التي لم توجد بعد أو اللغة المنطقية الممتازة كلغة الرياضة). ويبدو - بالمناسبة - أن هذه الحقيقة كثيراً ما يتجاهلها أولئك اللسانيون الذين يتصرفون مع كل الإشارات اللغوية على جميع المستويات كما لو كانت جميعها في كل الظروف سواء في الأهمية، وكما لو كان أي من هذه الإشارات ليس قابلاً - في أي لحظة- للاستهلاك . إن الحشو والقابلية للاستهلاك اللذين يعرضان لإشارة ما في سياق ما - وهو ما يحدث عادة في عملية التواصل - إنما يخففان العبء الذي يتحمله المتكلمون والسامعون. ويمكننا بفضل عملية التزيد في استعمال الإشارات أن نَفْهم أو نُفهم، حتى وإن لم تتوافق الإشارات الأكوستيكية في كل تفاصيلها وعلى كل مستوياتها تمام التوافق مع الإشارات التي تنشأ عن تحليل اللغة موضوع النظر . (ويرجع عدم التوافق إلى أسباب منها الضجة الناتجة عن التشويش، أو نقص كفاءة الدائرة الإلكترونية، أو عدم كفاءة النطق أو الإدراك). ويلزم عن ذلك أن التجارب اللسانية التي تختبر درجة الوضوح - سواء كانت اختباراً لكفاءة دائرة إليكترونية أو مهارة طالب في فهم لغة أجنبية - لا ينبغي لها أن تهمل المساعدة التي يقدمها السياق للسامع في تحديد الإشارة التي تختبرها التجربة . ولذلك فإن اختبارات الإبدال الصوتيمية التي تجرى بطريقة المقارنة بين الثنائيات الصغرى *minimal pairs* (١٢) - عندما تتخلى عن

السياق (في مثل: tack, tag; tag, tug) هي في الواقع تكليف بما فوق الوسع للسامع، أو هي لمحة مما يواجهه في التواصل العادي، حيث يسهم سياق اللغة وماجَرَيات الحال في عملية التحديد وإن كان هناك - بطبيعة الحال - حدٌّ للتجاوز، أو حد أدنى من اشتراط الوفاء في الأداء؛ ومن ثم فإن السياق والحشو في التواصل اللغوي يعفيان المتكلمين من ضرورة التزام شروط الكمال في نطق نماذج الإشارات اللغوية وإدراكها.

والحق أنه لو توافرت لنا شفرة لغوية مبنية بناءً صناعياً بحيث تخلو تماماً من الحشو: فإننا نشك كل الشك في قدرتها على أن تقدم لنا خدمة طيبة في التواصل. إن هذه الشفرة ستتطلب منا الالتزام الدقيق والتفصيلي بنماذج الإشارات اللغوية، كما ستتطلب توافر شرط النقاء الأكوستيكي في الوسط الناقل للإشارات (أي خلو الهواء من الضجيج المصاحب للإشارات التي نقوم بتحويلها، ودائرة اليكترونية ذات كفاءة طبيعية). كذلك ستتطلب هذه الشفرة استيفاء شرطيّ الكمال في السماع والتركيز من جانب المستقبل. وجميع هذه الشروط محال تحقيقها عملياً بين البشر في هذا العالم.

إن الصوتيمات - سواء أردنا أو لم نرد - ليست فئات من الأشياء ذات الحدود الرياضية أو البيولوجية الثابتة. إنها أقرب إلى أن تكون ضروباً من السلوك توضع حدودها وتعرف لا بواسطة قوانين الطبيعة بل بقواعد توجيهية غير جامدة تاريخياً، ولكنها مرنة إلى حد ما، ومدعمة برغبة البشر في التكيّف والتوحد، وبضرورة هذين الأمرين للحياة البشرية، وهي مع ذلك سريعة التغير، وتُشكِّل جميعَ هذه الأنواع من السلوك - لغوية وغير لغوية - الجانب الثقافي والاجتماعي فينا وفي بيئتنا. إن التغير من صميم جوهرها، والزمن وحده دافع كاف لإحداث التغير، وإن كان ثمة عوامل أخرى ربما تكون فاعلة في هذا الأمر. وكل لغة هي نظام مركب، من مثل هذه الأنواع من السلوك،

وينبغي أن توصف وتفهم على هذا النحو. ولذلك فإن العلم اللساني الذي يعالج اللغة بوصفها نظاماً اجتماعياً هو علم ينتمي إلى العلوم السلوكيّة. أما فيما يتعلق بآلية اللغة ومادتها وانتقالها وإدراكها فإن اللسانيات في معالجتها تكون لها أيضاً صفة علوم الطبيعة. وأي وصف صحيح للغة ينبغي أن يستمد معلوماته من المجالين كليهما؛ السلوكي والطبيعي.

ومن ثم فإن التصوير الطيفي أو أي وسيلة تقنية تجريبية أخرى تشكل تعاوناً موفقاً ومثمراً، لاسيما حين يزودنا المطياف بتحليل موضوعي كمي منظم من الوجهة الأكوستيكية، ويزودنا العالم القائم بالتحليل الطيفي بتحليل ذاتي كيفي منظم من الوجهة الثقافية. ومن هذا نفترض سلفاً أن على العالم اللساني المشتغل بالتحليل الطيفي أن يجيد اللسانيات بكلا فرعيها الطبيعي والثقافي. وينشأ عن ذلك أن اللساني - وإن لم يكن مشتغلاً بالتحليل الطيفي- عليه أن يعنى بمبادئ التحليل الطيفي للغة وما يثمره من نتائج، كما أن الذي يقوم بالتحليل الطيفي - وإن لم تكن اللغة هي مجال اهتمامه الأساسي - عليه أن يكون ملماً بمبادئ اللسانيات ونظرياتها الأساسية.

هناك إذن أمران إذا وضعناهما موضع الملاحظة فسيترتب عليهما نتيجة لابد منها، إننا نلاحظ وجود تماثل ثقافي اجتماعي (أي لساني) مميز بين الأصوات من جهة، ونلاحظ من جهة أخرى أن مستعمل اللغة قادر على أن يستعمل ويتفهم هذه الأصوات المتماثلة لغوياً على الرغم من العوائق الطبيعية التي تعترض التماثل الأكوستيكي. وبناءً على ما تقدم يكون من الطبيعي أن نتوقع ونتطلب من أي تصوير مرئي جيد لأصوات الكلام أن يقدم لنا صوراً لأصوات متماثلة يمكن أن نتعرف عليها لغوياً، على الرغم من التنوع الأكوستيكي الطبيعي لأصوات الكلام، وعلى الرغم أيضاً من أن المطياف جهاز محايد وغير حساس للاعتبار الثقافي. ونصوغ هذا الكلام بعبارة أخرى

فنقول: إننا نتوقع ونتطلب أن يكون لكل صوتيم من صوتيمات اللغة صورة طيفية نمطية يمكن التعرف إليها، وذلك على الرغم من إذعاننا بالضرورة للحقيقة القائلة بأن حدود كل صوتيم لا يمكن تعيينها على نحو رياضي دقيق غير قابل للتغير.

ومن الواضح أن الحزم الطيفية المائزة ونطاقات الرنين عليها أن تؤدي في التصوير الطيفي دوراً مهماً كذلك الدور الذي تؤديه في تكوين الصوائت، وأنه ينبغي - تبعاً لذلك - أن تتمايز أنماط الصوائت بعضها من بعض بحسب التشكيلات المنتظمة التي تبدو عليها الحزم في هذه الرسوم الطيفية. كذلك يلزم عما سبق ألا تكون الرسوم للصوائت وتقاسيم اتساع الذبذبة - كما صورها الشكل (٢٨) - تصويراً لأحداث الكلام المبينة هنا فحسب، ولكنها تصوير للفئات - أي للصوتيمات - التي تنتمي إليها هذه الأحداث على نحو يتميز به كل صوتيم منها على حدة. وليس ما سقناه مجرد افتراض ولكنه الحقيقة؛ فإن كل نطق بأحد الصوائت المبينة هناك يشبه- بطريقة نمطية قابلة للتعرف - كل نطق آخر بهذا الصائت من الوجهة الطيفية كما يشبهه من الوجهة الأكوستيكية.

ويتحدد الموقع المطلق [وليس النسبي] الذي تحتله الحزم على سلم الترددات وما تتمتع به من قوة مطلقة [وليست نسبية أيضاً] بظروف صوتية (فوناتيكية) وتشريحية تختلف من متكلم إلى آخر ومن نطق إلى آخر. ونقول - بعبارة أخرى - إن هاتين الكميتين ليستا بالكميتين الصوتيميتين أو اللغويتين، ومن ثم وجب علينا أن نستدل من ذلك على أن موقع كل حزمة بالنسبة لغيرها من الحزم المكونة للصائت هو الذي يحدد قيمتها اللغوية بقطع النظر عن المكان المطلق الذي تحتله. وينشأ عن ذلك أن صور التكوين الطيفي وتقاسيم اتساعات الذبذبة في الشكل (٢٨) لا ينحصر صدقها في ناحية التصوير

الطيفي فقط، ولكنها صحيحة أيضاً من الناحية الصوتيمية الطيفية أيضاً، أي أنها تقوم بتصنيف المتماثلات الصوتية إلى فئات صوتية تصنيفاً أكوستيكياً ونطقياً، وأن هذا التصنيف يتسق مع تصنيف هذه المتماثلات تصنيفاً منظوراً إلى فئات من الصوتيمات الطيفية *spectrophonemes* (ويأتي هذا التصنيف المنظور في صورة نطاقات من الحزم).

إن هذه التدوينات التصويرية الطيفية لأصوات الكلام - وهي ما سميته الصوتيمات الطيفية - لو لم توجد لاستحال إذن وجود الكلام المنظور *visible speech*، وهو من أوائل المجالات التي طبق فيها التصوير الطيفي.

ويقوم الكلام المنظور على أساس من الحدوث المتكرر لمثل هذه الأنواع الصوتيمية. كذلك يترتب على انعدام الصوتيمات الطيفية استحالة استكشاف الصوتيمات باستقراء أي رسم طيفي، مع أن ذلك أمر ممكن للمشتغل بالتصوير الطيفي. وتفترض هذه القدرة في قارئ الرسم الطيفي - بطبيعة الحال - أنه لم يقف عند حدود حل الشفرة الثانوية المرئية؛ وهي الرسم الطيفي فقط، بل تفترض أنه قد تمكّن من الشفرة الأولية؛ وهي اللغة التي يقرؤها. ولم أدخر وسعاً - فيما سبق من حديثي - لإيضاح أن المطياف وحده لا يتخذ قراراً فيما يتصل بماهية الصوتيم الطيفي. إن الصوتيم [في نظام اللغة] لا يمكن تحديده إلا بالرجوع إلى الإطار الأكبر؛ وهو اللغة التي يمثل الصوتيم إحدى خواصها التركيبية وإلى المظاهر الفيزيائية والأكوستيكية (الصوتية *phonetic*) التي تقوم بدور الضابط المهم؛ بحيث تمنع اللساني من أن يجمع بين وحدات مقطوعة الصلة فيما بينها من الوجهة الصوتية فيضعها تحت فئة واحدة. ويناظر ذلك تماماً أن الصوتيم الطيفي [أي على ورقة الرسم الطيفي] إنما يتحدد بناء على قرار سابق من اللساني تتعين به عدد أنماط الصوتيمات في اللغة التي يقوم بتحليلها، كما يتحدد أيضاً بالمظاهر

الفيزيائية والأكوستيكية (أعني هنا المظاهر الصوتية الطيفية *spectrophonetic* التي تقوم هي أيضاً بدور الضابط المهم؛ بحيث تمنع اللساني من أن يجمع بين وحدات مقطوعة الصلة فيما بينها من الوجهة التصويرية الطيفية فيضعها تحت فئة واحدة.

وربما تهرب التفصيلات الصوتية من أذن المحلل، ولاسيما في لغة أجنبية؛ حيث يكون من الراجح أن يقحم فيها - تبعاً لدرجة مهارته - كثيراً أو قليلاً من الأحكام السابقة المتصلة بالسلم الصوتيمي في لغته الوطنية. ومن ثم كان المطياف مفيداً في إظهار هذه التفصيلات بطريقة مرئية، نظراً لأن الجهاز لا يملك أي أحكام سابقة ينتج عنها تشويه للحقائق. إن الذي يظهر في الرسم الطيفي - أيّاً ما كان - هو الحقيقة الأكوستيكية؛ بقطع النظر عما إذا كان المحلل قد «سَمِعها» أو «لم يسمعها». ولا يمكن أن نعزو إلى الصوتيم الواحد إلا الحقائق الأكوستيكية التي يثبت وجود الصلة بينها من الوجهة الصوتيمية الطيفية. وهكذا يكون المطياف والصوتيم الطيفي عوناً لنا في التحليل الصوتيمي لأي لغة. غير أني أكرر أن المطياف بذاته وبمفرده لا يعطي أي معلومات عن الصوتيمات أو الصوتيمات الطيفية.

بيد أَنّ أنواع القصور البشري واردة دائماً، ولاسيما ما يتعلق منها بالأحكام الثقافية المسبقة، أو ما يمكن للمرء أن يسميه مظاهر عمى الألوان الثقافي [على غرار عمى الألوان البصري]. وإذا لم تحط هذه الظاهرة بالتسجيل التصويري الطيفي فستحيط على الأقل بقراءته. فكما أن السامع قد لا يسمع دائماً كل الحقيقة الأكوستيكية؛ فكذلك الناظر إلى الرسم الطيفي - بسبب تجاربه الطويلة مع لغة واحدة في الأساس (وقد تكون هي لغته القومية) أو مع عدة لغات - ربما يكتسب أحكاماً بصرية معينة مسبقة تمنعه من رؤية الحقيقة البصرية الكاملة (والأكوستيكية تبعاً).

لذلك ينبغي على المشتغل بالتصوير الطيفي أن يخلّص نفسه بقدر ما

في طاقة البشر من أي عمى ثقافي قد يقع فريسة له. إن المطياف يمثل واقعاً موضوعياً، ولكن هذه الحقيقة لا تحمي الناظر إليه من أن يسيء رؤيته؛ لأن تدوين الحقيقة بواسطة جهاز بريء من تحيز الأحكام المسبقة وتفسيرها على يد إنسان يقوم بالملاحظة هما عملان مختلفان اختلافاً كبيراً(١٢).

غير أنه من الممكن أن يقال في فضل التسجيل الصوتي الطيفي على التسجيل المسموع - وهذا أحد الأسباب الأساسية لصناعة المطياف - إن التسجيل التصويري الطيفي ثابت، ويمكن أن يفحص ويقاس على مهل، ويمكن أن يُنوَّع ويعدل ليُبرز خاصية أكوستيكية في وقت، وخاصية أخرى في وقت آخر. إن هذا النوع من التسجيل - باختصار - هو نوع تحليلي وقابل للقياس الكمي في جوانبه المهمة، وهو - في كل هذه الجوانب - يختلف عن الشاهد المسموع إذا أُخِذ منفرداً. (حتى وإن كان في الإمكان الآن أن يصبح ثابتاً وقابلاً للتكرار بفضل أجهزة التسجيل). والآن؛ إذا كان ثمة صوتيمات طيفية تقع أكوستيكياً في حدود حيز معين - وجب أيضاً أن يكون ثمة صوتيمات واقعة نطقيّاً في حدود حيز معين؛ لأن المتماثلات الصوتيمية الطيفية تناظر بالتأكيد متماثلات أكوستيكية، ومن ثم تناظر أيضاً متماثلات نطقية (ولا يستثنى من ذلك إلا حالات نادرة يحل فيها نطق بديل محل النطق الطبيعي؛ وهو ما يحدث للمتكلمين المصابين باضطراب في طبيعة النطق).

وهذه الحقيقة تُفَنِّدُ في رأيي تلك النظرة التي ظهرت منذ أكثر من عشرين عاماً خلت وترددت منذ ذلك الحين على نحو أو آخر، وأعني بها النظرة التي يقرر أصحابها أن «وجود خصائص محددة للصوتيم بوصفها عناصر ذات وجود واقعي يضاف إلى الموجة الصوتية هو أمر لا دليل عليه، ولا مسوغ للاعتقاد بأنه سيكون» (ملاحظة: الإشارة بالموجة الصوتية هنا هي إلى الرسوم الذبذبية لا إلى الطيفية).

إن هذا القول له في الحقيقة الآن مسوغات بالغة القوة. وإني - على

هذا الأسـاس أيضـاً - أطرح جـانبـاً الرأي القـائل بأن الصـوتيم لا يمكن أن يوصف وصفاً أكوستيكياً. إني أقول بإمكان ذلك بالشرط الذي فرغت لتوِّي من تقريره؛ وهـو أن يتضمن تعريف الصوتيم النظرة الصـائبة له بوصفه مقولة من مقولات السلوك العرفي الثقـافي أيضـاً، على الرغم من أن مادته هي من عالم الطبيعة.

* * *

الفصل العشرون

الصوتيمات الطيفية (ما سوى الصوائت)

لقد أهملت - إلى حد ما - في الصفحات السابقة من هذا الكتاب معالجة الصوتيمات التي هي ليست من جنس الصوائت؛ وذلك لأن الصوائت تعطي أوفر الصور حظاً من الإقناع وأكثرها تميزاً؛ سواء من جهة التصوير الطيفي أو الصوتيمات الطيفية، كما أهملت ذلك أيضاً لأن هدفي كان في الأساس أقرب إلى إلقاء الضوء على مبادئ التصوير الطيفي منه إلى تدريب خبراء في هذا المجال. وسأعالج الآن هذا النقص، على الأقل إلى المدى الذي يناسب أغراض هذا الكتاب.

إن جميع الصوتيمات المجهورة - شأنها كشأن الصوائت التي تحتل المركز الأول بين هذا النوع من الصوتيمات دون منازع - يرجع جانب من إنتاجها إلى اهتزازات الشفاه الصوتية. ولذلك يمكن التعرف إلى الصوامت المجهورة على الرسم الطيفي بوجود الجهر على النحو الذي يبدو به على الأقل في النطاق الحنجري.

غير أنه بالنظر إلى أن اهتزازات الشفاه الصوتية في الصوامت تكون أضعف منها بالنسبة للصوائت - لذلك يكون تدوينها في أسفل الرسم الطيفي أقل سواداً وأقصر مدة إذا ما قوبل بتدوينها في الصوائت، كما تكون الحزم الترددية المميزة: F_1, F_2, F_3 أقل وضوحاً، وإن كان في الإمكان تعديل درجة الشحوب في السواد - إذا أريد ذلك - بزيادة علو التسجيل أو درجة حساسية المطياف للقوة أو بكليهما معاً؛ لكي يصبح من الممكن تدوين الجهر بصورة أوضح.

وحين يكون هدفنا هو قراءة الرسم الطيفي للكلام فإن مجرد الإشارة إلى وجود الجهر هو - على أي حال - كاف تماماً. وذلك أن الموضع الدقيق لنطاق الرنين الحنجري [يعني مكان وجوده على سلم الترددات] وللقوة التي يتمتع بها إنما هو مكافئ لدرجة النغمة الحنجرية وعلوها، وهما لذلك منقطعا الصلة بالجانب اللساني. أما الصوامت غير المجهورة فتفتقد ضمناً النطاق الرنيني في أسفل الرسم، أياً ما كانت طريقة ضبط المطياف. وتشترك بعض الصوامت المجهورة - كما قد رأينا - مع الصوائت في كونها أصواتاً رنانة؛ ولذلك يبدو فيها ظاهرة نطاقات الرنين. وتنتمي إلى هذه المجموعة في الإنجليزية الصوامت: /ŋ/; /m/; /r/; /l/; /n/. ويتحدد موضع نطاقات الرنين وشكلها في هذه الأصوات إلى حد ما بطبيعة الصائت السابق لها والصائت اللاحق عليها. وشبيه بهذا شبها دقيقاً تَشَكُّل بداية نطاقات الرنين ونهايتها في أي صائت تبعاً لطبيعة الصامت السابق له والصامت اللاحق عليه(١٤).

والخاصية التالية المهمة في مجال تمييز الصوامت هي الحكم عليها **بأنها صوامت انفجارية** *plosives* **(وقفية** *stops***) أو انطلاقية** *continuants*(١٥). إن الوقفيات تتكون بوجه عام نتيجة تسريح مفاجئ بعد تضييق شديد أو إغلاق. ويمكن للباحث اعتماداً على مكان الانفجار أن يميز الوقفيات: **الشفوية** *labials* **والأسنانية** *dentals* **والحنكية** *palatals* (في نقاط مختلفة على طول **سقف الحنك** *palate*؛ ومن ثم يمكنه تمييز الوقفيات المختلفة التي تتشكّل في **مقدم الحنك** *pre-palatal* **أو وسطه** *medio-palatal*، **أو مؤخرته** *post-palatal* **أو اللهاة** *velar*)، وكذلك **الوقفيات البلعومية** *laryngeal* **أو الحنجرية** *glottal*. والمدة التي تستغرقها هذه الأصوات (لولا مدة الصمت التي يتكون خلالها الضغط والتي يمكن أن تمتد) هي قصيرة جداً (إذ ما المدى الذي يمكن أن يستغرقه تسريح الانفجار؟). نظراً لما سبق ذكره تكون

فرصة هذه الأصوات ضئيلة في أن تترك وراءها على الرسم الطيفي صورة نمطية ومحددة. غير أن هذه الأصوات جميعها - على أي حال - يمكن تشخيصها عن طريق فترة الصمت التي تسبق مباشرة تسريح الانفجار؛ حيث يتجمع الضغط المسبب للانفجار خلف العائق. ويظهر هذا الصمت على الرسم الطيفي بطبيعة الحال على هيئة انعدام للقوة؛ أي على شكل منطقة خالية من أي آثار للقلم. ولكن فاصلاً من الجهر الحنجري يمكن أن يتخلل نطق الوقفيات المجهورة في حاليّ الصمت والتسريح. (ويمكن التأكد من ذلك في يسر باستخدام تجربة بسيطة؛ فحين يسد المرء أذنيه لحجب الضجات الخارجية، وينطق أصواتاً مثل [b]، [d]، [g]، يمكنه أن يلاحظ طنيناً في يديه يمهد لتسريح الانفجار. وهذا الطنين ناتج عن نشاط الشفتين الصوتيتين). وترينا أفلام التصوير البطيء فترة محددة يتزايد فيها تردد الاهتزازات واتساعها زيادة تدريجية. وتبدأ هذه الفترة من وضع الراحة الأصلي للشفاه الصوتية، وتستمر حتى الوصول إلى الوضع الذي تتحقق فيه الذبذبة المناسبة للنغمة الصادرة عن المتكلم. وينبغي على المغنين أن يتعلموا كيف يُقصِّرون المدة التي يستغرقها هذا الانزلاق التدريجي الموصل إلى النغمة الصحيحة، وكيف يُضعِفون من قوتهِ.

ومثل هذه الأماكن الخالية على الرسم الطيفي - سواء اشتملت على فاصل من الرنين الحنجري أو لم تشتمل - لا تقدم لنا بطبيعة الحال صوراً للصوتيمات الاحتباسية المتنوعة في أي لغة تكون قابلة لتمييز هذه الصوتيمات بعضها من بعض. بيد أن أنماط الانفجارات المختلفة يترك كل نمط منها بمفرده علامات مميزة لخصائصه النطقية. وتتمثل هذه العلامات في طبيعة الانزلاق الذي تقوم به أعضاء النطق عند الانتقال من الصوت السابق إلى الصوتيم الانفجاري [ويمكن أن يسمى انزلاق النهاية] *off-glide*، كما يتمثل أيضاً في طبيعة الانزلاق من وضع النطق بالصوتيم الانفجاري إلى الصوت اللاحق عليه [انزلاق البداية] *on-glide*. وينشأ عن ذلك أن يترك

اختلاف هذه الأنماط أثره في الصوتيمات الطيفية[١٦]. ويحدث هذا خاصة عندما يكون أحد هذين الصوتين [السابق أو اللاحق] صائتاً؛ فحينئذ تظهر نهاية الصائت أو بدايته على الرسم الطيفي في صورة عدد محدد من الفروق والتغيرات التي تتخذ نمطاً معيناً في شكلها واتجاهها، وتسمى **الحزم الانتقالية** *formant transitions*. وتزودنا كل حزمة من هذه الحزم بدليل *clue* يميز الفئة التي ينتمي إليها الصوت الاحتباسي السابق أو اللاحق[١٧]. (لاحظ أن الصوتيمات الطيفية للصوائت في الشكل «٢٨» اختصر منها جانب كبير لاستبعاد الحزم الانتقالية. ولذلك فإن هذا الشكل يزودنا بصورة للصوائت الخالصة).

والحق أن جميع الأصوات المتجاورة يُلوِّن بعضها بعضاً. وإذا تحقق لصوت ما تأثير بالغ القوة على الصوت المجاور له فمن الممكن أن يسبب ذلك **إدغاماً جزئياً أو تامّاً بين الصوتين** *partial or complete assimilation*، وهذه ظاهرة ذات أهمية كبيرة في اللسانيات التاريخية. إن الإدغام الجزئي يجعل الصوت غير المجهور /s/ ينطق كالصوت المجهور /z/ في كلمة observe بسبب امتداد **التجهير** *voicing* إليه من الصوت /b/. أما الإدغام الكلي في الكلمة نفسها فهو - وإن كان يمارس تأثيره في الاتجاه المعاكس - قد يتحول بالصوت تحولاً تاماً من الصوت المجهور/b/ في الكلمة اللاتينية obseruare إلى الصوت غير المجهور /s/ في الكلمة الإيطالية osservare[١٨].

وفور حدوث الانفجار تتبعه ضجات معينة يسببها في الأساس الاحتكاك الحادث على طول العوائق أو نقاط التضييق التي يعبرها الهواء المنطلق إلى خارج الفم. ولكن هذه الاحتكاكات - لكونها مجرد ضجات وليست نغمات - لا يمكن أن تظهر عند تصويرها ذبذبياً في صورة موجات جيبية، فضلاً عن أن يكون ظهورها في صورة تكوينات تتخذ شكل الحزم.

إن ظهور هذه الاحتكاكات يتخذ شكل خطوط عمودية عشوائية تشير على هذا النحو إلى وجود قوة مصاحبة لبعض الترددات العشوائية. ولا مجال هنا للتساؤل عن نغمة أساس أو نغمات عليا، ولكن المسألة تتمثل في أن الصوت يشتمل على تكوين من الترددات يتسم بالغرابة، ويعطي هذا التكوين انطباعاً أكوستيكيّاً ينشأ عن سماع الفرقعات التي تتميز بالحفيف والشفط والاحتكاك الشديد وما أشبه ذلك.

والأصوات الانطلاقية *continuants* غير الانفجارية التي تنتمي إلى هذه الفئة في أي لغة يمكن ألا تكون مجرد ضجات مصاحبة للصوتيمات الانفجارية فحسب، بل تكون صوتيمات كاملة الأهلية. وتنتمي **الصوامت الاحتكاكية** *fricatives* **والأنفية** *nasals* **والتكرارية (الترددية)** *trills* التي يتم إنتاجها في نقاط متنوعة بالحنجرة والفم والأنف إلى هذه الفئة. (وفي بعض هذه الأصوات التي تكون من الأصوات الرنانة تظهر قضبان [أو فواصل] رنينية أيضاً كما سبق أن ذكرت). ولأن هذه الأصوات تمثل صوتيمات؛ أي فئات من أصوات الكلام - لذلك كان من المتوقع لها أيضاً عند ظهورها على الرسم الطيفي أن تكون طيعة عند تصنيفها إلى أنماط بحسب صورها الطيفية، أي إلى صوتيمات طيفية. غير أن التوصل إلى الكيفية التي نتعرف بها على هذه الأصوات - ولاسيما الصوتيمات غير الرنانة - هو أصعب بكثير من التعرف على الرسوم الطيفية للصوائت. ونظراً لأن تكوين الصوتيمات الانطلاقية أقرب إلى الضجة منه إلى النغمة، وأنها تستغرق في النطق وقتاً طويلاً يكفي لرؤيتها وتمييزها خلال مجرد الكلام - لذلك كانت بطبيعتها تتراوح بدرجات مختلفة - وإن كانت شديدة التشابه - حول نمط ما من أنماط الصور الطيفية على نحو ما تصنع الصوائت. كما نجد بالإضافة إلى ما سبق ذكره أن التدوين الذي تتركه على الورقة ليس على ما يتمناه المرء من التحديد والتمايز. ونحن إذا اكتفينا في التحليل بالوقوف عند ٣٦٠٠ ذ/ث فقط - وهذا ما نفعله بوجه

عام - فكثيراً ما يحدث أن نهمل بذلك مكونات من القوة مهمة وذات دلالة في هذه الضجات، وهذه المجازفة نادراً ما تصاحب الصوائت، فالرسوم الطيفية للصوائت - والتي تكون موجودة عند مثل هذا التردد - محدودة.

وقد دعم المطياف بالبرهان عقيدة مهمة في الدراسات الصوتية لبث الباحثون يعتقدون صوابها طويلاً، ولكن التصوير الطيفي قد أثبتها بما أظهره لنا من الحزم الانتقالية؛ وأعني بتلك العقيدة ما صاغه بعضهم بعبارة: «إن كل أصوات الكلام هي انزلاقات». ويستخدم مصطلح **الانزلاق** *glide* هذا بشيء من الترخص؛ إذ لا نعني به إلا أنه لا وجود لصوت في مجرى الكلام يعد جزيرة معزولة أو وحدة مستقلة كل الاستقلال وقابلة للاجتزاء أثناء النطق بها. وقد استمدت التسمية «انزلاق» في مظهرها الصوتيمي من نظرة تاريخية أو مقارنة للغة، وتشير إجمالاً إلى إضافة صوت انتقالي يربط بين صوتيمين: أما من المنظور **الآني** *syncronic*، فإن الحدث اللغوي يبقى كما هو وعلى ما هو عليه، ولا يمكن القول بأن شيئاً قد «أضيف» عند النطق بأي سلسلة من الصوتيمات إلا بمصطلحات **الدراسة الزمانية** *diachroanic*. وهذا الشيء هو صوت إضافي يرجع بوجه عام إلى القصور الذاتي لأعضاء النطق، وغايته هي تيسير النطق بالتتابعات الصوتية الصعبة (بمعنى الصعوبة الذي سبق لي بيانه). أما أن يكتسب هذا الانزلاق فيما بعد أهمية ما في نطاق الصوتيمات أو نظام الهجاء فذلك أمر قد يكون وقد لا يكون.

ومن المستيقن تاريخياً - على سبيل المثال - أن الصوتيم /b/ في الكلمة الفرنسية chambre «حجرة» هو انزلاق يملأ النقلة بين الصوتيمين /m/ و /r/ في الكلمة اللاتينية المتأخرة camra والكلمة اللاتينية القديمة camera، حيث سقطت /e/ التي وقعت غير منبورة في المقطع التالي مباشرة للنبر الأساسي *post-tonic*(١٩)، وهو اختصار للكلمة من وسطها *syncopated*(٢٠). وهنا يؤدي فتح الشفتين بعد الصوتيم المجهور /m/ بُغْية التهيؤ للنطق بالصوتيم المجهور

/r/ إلى ظهور ضجة لصوت انفجاري شفوي ثنائي مجهور تمثله اللغات عادة بحرف الهجاء (b). وإذا استثنينا الحالة التي وقع فيها تغير camera إلى chambre، أو الحالة التي تغيرت فيها الكلمة اللاتينية hum(i)lem إلى الفرنسية humble والإنجليزية humble - فإننا سنجد أحياناً أن طابع المحافظة والنظام الهجائي قد يحولان بين هذا الانزلاق وبين أن يتخذ سبيله إلى الهجاء؛ فنحن مازلنا نتهجى الكلمة الألمانية fünf على هذه الصورة مع أن نطقنا إياها في معظم الحالات هو أقرب شبهاً بالصورة fumpf (وذلك لحدوث مماثلة بين الصوتيم الأسناني /n/ والصوتيم الشفوي الأسناني /f/، حتى إن إقحام الصوت الانزلاقي /p/ يؤدي إلى انغلاق شفوي كلي). وكذلك نحن مازلنا نتهجى الكلمة الإنجليزية family على هذه الصورة وإن كنا ننطق بها fambly. وينظر أكثر المتكلمين إلى طريقة النطق بهاتين الكلمتين على صورة fumpf و fambly على أنهما دون مستوى النطق السليم. ولا شك أن جانباً من ذلك راجع إلى الطابع المحافظ للهجاء في اللغة الأدبية النموذجية. أما النظر إلى الكلمتين humble و chambre على أنهما من وحدات النطق والهجاء النموذجية (أي عدم النطق بهما على نحو ما كانا humle (*) و chamre(*) فإن جانباً منه يرجع بلا شك إلى أن الصيغ التي تمثل الأصل الاشتقاقي - والتي هي خالية من الحرف b - قد نسيت منذ أمد بعيد؛ وليس ثمة إمكان مع هذا التاريخ الميت لعودتها إلى الحياة أو انتعاشها مصحوبة بأي أمل في نجاحها حتى عند أوفر المتكلمين حظاً من الوعي بالتاريخ.

وعندما يقول بعض الدارسين إن جميع الأصوات هي انزلاقات فإنه لا يعني هذا بالمفهوم التاريخي الفني أو الزماني (الدياكروني). إنه يقصد - بديلاً لذلك - أن النطق بكل الأصوات يتأثر إلى حد ما بالظروف الصوتية (الفوناتيكية) المحيطة بهذا النطق، ولاسيما في مناطق الجوار. وسيظهر الرسم الطيفي بالفعل أن الزمن الذي يستغرقه أي صوتيم لا يمثل في جميع

أجزائه نطقاً مستوياً متجانساً، ولكنه يتألف من **انزلاق في البداية** *on-glide* **وانزلاق في النهاية** *off-glide*؛ وكلاهما ذو طول جدير بالاعتبار؛ كما يتشكل من الناحيتين الأكوستيكية والتصويرية الطيفية بالصوتيمين السابق واللاحق على الترتيب، ولا يحصر هذان الانزلاقان بينهما إلا جوهراً يستغرق زمناً قصيراً يمثل وحده - إذا جاز التعبير - الصوتيم الخالص، ويحتوي بمفرده **لكل تفاصيل الصورة الطيفية المميزة، وكل الخصائص الأكوستيكية النمطية المميزة من غير تشويش أو تشويه.**

وإِذَنْ فالطول الكلي لأي وحدة يمكن اقتطاعها على الرسم الطيفي وتحديدها على أنها مدة التحقق لهذا الصوتيم سيكون مشغولاً إلى حد كبير بحركة نطقية في اتجاه جوهر الصوتيم، وحركة نطقية تفارق جوهر الصوتيم في اتجاه الصوتيم التالي. ولقد ذكرت من قبل أن الخصائص المتكررة المميزة لانزلاقات البداية والنهاية هذه - أي الحزم الانتقالية - تمدنا في بعض الحالات ولاسيما مع الأصوات الانفجارية بالإشارة الوحيدة غالباً والأهم، الدالة على طبيعة الصوتيمات التي يدونها المطياف بشكل واضح لا غموض فيه. ويلزم عن ذلك أننا في مجرى الكلام المعتاد لا نلح على أي صوتيم، ولا نتوقف طويلاً عنده، ولكن الزمن الذي يظهر فيه الصوتيم يشتمل - من الناحيتين الأكوستيكية والتصويرية الطيفية - على تحركات في اتجاه الصوتيم، وتحركات في الاتجاه الآخر مفارقة للصوتيم. وبهذا المعنى يكون كل صوت من أصوات الكلام هو بالفعل انزلاق.

ويجد المرء برهاناً شافياً على ذلك حين تتاح له فرصة يتتبع فيها بالرؤية العمليات النطقية لجهاز النطق عند المتكلم. وترينا الملاحظة المباشرة والصور المتحركة بما لا يدع مجالاً للشك أن أحداث الكلام ليست مقسمة إلى أجزاء يستقل بعضها عن بعض، ولكنها أجزاء يتبع كل منها الآخر

في سلسلة من التحركات معقدة وعظيمة التنوع على نحو يفوق المعتاد. وهكذا يعرف المرء يقينا مدى ما تتسم به عملية إنجاز الكلام في الحقيقة من صعوبة وتعقيد.

والإنسان هو الحيوان الوحيد على الأرض الذي يحوز الجهاز العصبي وجهاز الخلايا الملائمين ليكون على مستوى هذا العمل من حيث قواه البدنية والذكائية.

وليس ثمة شك - من جهة أخرى - أن من الممكن تمييز الوحدات المسؤولة عن تشكيل بنية هذه الكمية التي تبدو في ظاهرها كمية متصلة. بل إن اللسانيات الحديثة لو لم تشغل نفسها بهذا المشكل في مظاهره الصوتية والصوتيمية والأكوستيكية لكان الوجود الحقيقي للكتابة الألفبائية التي اخترعت بلا عون من اللسانيين المحدثين المحترفين شاهداً على ما يتمتع به الإنسان من قدرة خاصة على التحليل والتصنيف. وربما كان في إمكاننا ألا نفترض في أول تدوين ألفبائي للغة ما أن يكون وافياً بكل ما يتطلبه التصنيف الصوتيمي الحديث من متطلبات صارمة؛ وذلك إذا استثنينا ما أنجز في عصرنا هذا من تدوين قام به لساني فني مدرب. (ولن يكون هذا التدوين أوفى بهذه المتطلبات مما يفعل كثير من النظم الهجائية الشائعة التي يثقل كاهلها تقاليد عنيدة لا تقبل الاستسلام). وعلى الرغم من ذلك فإن من الحق أن نعترف بأن المخترعين القدماء لمثل هذه النظم الكتابية الهجائية قد قاموا بتجزيء تيار الكلام إلى وحدات متمايزة، أو إلى صوتيمات (مع العلم بأن الكتابات القديمة أو الحديثة ليست جميعها من النوع الألفبائي). وفي الحق أن معظم الناس - بما فيهم من لا خبرة له بهذا الأمر - قد يجدون أنفسهم أقرب إلى الاتفاق منهم إلى الاختلاف في شأن الكيفية التي يجري بها تجزيء

كمية من الكلام في لغتهم الخاصة، بل في لغة أجنبية أو غير معروفة أحياناً؛ هذا إذا استبعدنا بعض المشكلات الصغيرة نسبياً مما يستعصي حله إلا على يد الباحث الصوتولوجي (بل إن بعض هذه المشكلات ربما لم يجد حلاً حتى الآن؛ ومثال ذلك: هل يحلل الصوتان اللذان يمثلان في الهجاء بحرفين هما ch حين يحتلان موقع البداية في الكلمة؛ الإنجليزية chin على أنهما صوتيم واحد أم صوتيمان مؤتلفان يتخذان الصورة / ʃ t /).

وهناك صنف آخر من أصناف تجزيء تيار الكلام؛ ونعني به تجزيئه إلى مقاطع(٢١). واتفاق معظم المتكلمين بأي لغة على هذا الصنف من التجزيء أمر يسير. إن كل واحد يعرف كيف يجزئ حدثاً نطقياً إلى مقاطع، ومع ذلك مازال يعوزنا التحديد العلمي اللساني الأكوستيكي للمقطع، على الرغم من كثرة المحاولات المبذولة في هذا الصدد. وهنا يبدو التصوير الطيفي مبشراً بالكثير ولاسيما بتمثيله للحزم الانتقالية. وقد أظهرت التجارب التي أجريت لهذا الغرض أن الرسم الطيفي لسلسلة من الصوتيمات مثل apa تمثل تجزيئاً أكوستيكياً إلى ap-a عندما يقتصر ظهور الحزمة الانتقالية فيه على الصائت الأول a دون الصائت الثاني. على حين يشير وجود الحزم الانتقالية في الصائت الثاني a دون الأول إلى تجزيء هذه السلسلة على الصورة a-pa. أما في الرسوم الطيفية العادية غير الاختبارية فإن هذا المعيار لم يلاحظ اطراده حتى الآن، حيث تظهر تنوعات فردية لدى مختلف المتكلمين. غير أن إيضاح هذا المشكل - على أي حال - سيكون أيسر من خلال الاستعانة بالتصوير الطيفي.

سأكون مجاوزاً للغرض المتوخى من هذا الكتاب لو أني حاولت أن أرشد القارئ إلى كيفية حل رموز الرسوم الطيفية وتحليلها، أو أن أعدد الوسائل

الكثيرة التي يمكن بها الإفادة من هذه الرسوم في الدراسة المختبرية للغة. أضف إلى ذلك أن أي مقالة نظرية في هذه الموضوعات مهما جاءت صياغتها طويلة ومعقدة ستظل قاصرة. إنها ستظل وكأنها مجموعة من دروس الكيمياء من غير ممارسة العمل في المختبر. وكذلك التصوير الطيفي أيضاً إنما يدرس على نحو أفضل وأعظم فعالية في المختبر اللغوي؛ حيث يجري العمل التجريبي تحت إشراف مرشد خبير.

* * *



الفصل الحادي والعشرون

الحرفيمات الطيفية

بالرغم من تعقد أصوات الكلام فإنها قابلة للتعرف عليها أكوستيكياً، وقابلة للتحديد بطريقة التصوير الطيفي؛ على أساس عدد من العوامل يمكن حصره إلى حد ما. ويتم هذا على وجه الخصوص بتحديد الوضع والشكل النسبيين للقضبان الرنينية، وبالتوزيع الذي هو أقل وضوحاً - وإن يكن لا يزال مميزاً - لبعض الترددات العشوائية.

ومادام هذا هكذا فينبغي أن يكون ممكناً أن تصمم باليد رسوم طيفية تحدد صورة تخطيطية للصوتيمات؛ أو للصوتيمات الطيفية؛ وأن نتجاهل في هذه الصورة التخطيطية كل التفصيلات التي يمكن إهمالها، أو التي هي غير ذات قيمة لسانية. وقد صُنِعَتْ مثلُ هذه المحاولات. وتتكون الرسوم أساساً - كما ينبغي أن نتوقع - من نطاقات الرنين، مشتملة على التنوعات المهمة مثل الحزم الانتقالية(٢٢).

ويمثل الشكل (٣١) صوراً متنوعة للجملتين:

Joe took father's shoebench out . She was at my lawn.

إن الصور العليا هي تصوير متصل لاتساع الذبذبة، بيد أنها ليست من النوع الطيفي الذي يصور التردد على البعد الأفقي والقوة على البعد الرأسي على نحو ما في الأشكال (١١، ١٣، ١٩، ٢٧، ٢٨)، والصحيح أنها صورة من النوع الذبذبي الذي يصور الزمن على البعد الأفقي، والقوة على البعد الرأسي. وتساوي هذه الصورة النتيجة التي نحصل عليها حين نأخذ النصف السفلي

من نموذج مرسوم على شاشة الرسم الذبذبي *oscilloscope* فنحوله إلى النصف العلوي من الرسم، ثم نقوم بملء المنطقة الواقعة تحت المنحنيات بالخطوط. وهكذا نكون قد حصلنا على كمية الزمن، وإن كنا قد فقدنا كمية التردد.

والصورة الثانية رسم طيفي باستخدام المرشح ٤٥ ذ/ث، أو رسم طيفي باستخدام النطاق الضيق. وقد استخدم تدريج عمودي مضاعف لتحقيق فصل أوضح بين النغمات التوافقية، تلك التي تظهر مرئية بوضوح (مع رسم النغمة التوافقية العاشرة بالأبيض).

والصورة الثالثة رسم طيفي باستخدام مرشح سعته ٣٠٠ ذ/ث؛ أو باستخدام النطاق الواسع الذي يظهر مواضع الحزم التكوينية.

أما الصورة السفلى فهي صورة تخطيطية للرسم الطيفي ذي النطاق الواسع، والملامح الأساسية لهذه الصورة هي حدود الحزم الترددية التي هي المكونات المميزة للكلام في الصورة الطيفية. وكذلك رسمت الخطوط المهمة (بالنسبة للاحتكاكيات)، وأوليت الحزم الانتقالية ما يناسبها من الأهمية. وإذا كان هذا التصميم التخطيطي في الحقيقة تصويراً كافياً للصوتيمات فإن تحويله إلى صوت ينبغي أن يعطينا تكراراً نطقياً دقيقاً للصوتيمات نفسها. وقد صُنِعَتْ هذه التجربة بواسطة ما يسمى بالقارئ الطيفي *pattern playback* وهو مطياف يدور في الاتجاه المعاكس - إذا صح التعبير - على الرغم من أنه بطبيعة الحال - مجهز بنظام للتقطيع والترشيح مختلف كل الاختلاف عن المطياف المعتاد، ويعمل على أساس القيام بتقطيع بصرى مع ترجمة للمثيرات البصرية إلى صوت، ويشبه في ذلك مجال الصوت الذي يساير مجال الصور في الفيلم الناطق. إننا نغذي هذا الجهاز بنموذج الرسم الطيفي المرسوم باليد لتصدر عنه إشارة مسموعة[٢٣].



شكل ٣١ . رسوم طيفية وتخطيطية

(أ) تصوير متصل لاتساع الذبذبة؛ (ب) رسم بالنطاق الضيق؛ (جـ) رسم بالنطاق الواسع
(د) كتابة هجائية وصوتية؛ (هـ) رسم تخطيطي للرسم جـ.

وقد كانت النتائج في الحقيقة وافية بالمراد من الوجهتين اللغوية والأكوستيكية، ولا مزيد. ولم تكن الأصوات الصادرة عن هذا الجهاز أصواتاً بشرية، وإن كان الأداء يشبه الكلام شبهاً كافياً في أساسياته؛ من حيث تشكيله لنطق واضح. (هناك في الحقيقة أجهزة للكلام الصناعي أخرى معروفة تعطي صورة قريبة جداً من اللغة الطبيعية، لأنها تعمل بعدد من الكميات يتجاوز الحزم الثلاث).

وتتوقف طرق التحسين لهذه العملية على كمال النموذج التخطيطي للصورة الطيفية، والذي هو ليس أكثر من تسجيلات يدوية الصنع، كما يتوقف على وسائل التحسين التي تدخل على جهاز القراءة play back (الذي يشبه تلك اللوالب التي تتخلل آلات البيانو وتدور خلالها فتنشط لوحة المفاتيح).

وليس هناك في الحقيقة - ما يمكن أن يُنتج لنا شيئاً يقارب الكلام الطبيعي من الناحية الأكوستيكية إلا القراءة الدقيقة لرسم طيفي كامل، أو بالأحرى، عدة رسوم طيفية مندمجة تشتمل على كل العناصر والكميات في أصوات الكلام البشرية، بما في ذلك العناصر اللغوية المميزة، والعناصر التي تعتبر زيادة وحشوا. ومع ذلك ليس من شك في أن الرسوم الطيفية التخطيطية التي تولد كلاماً تقريبياً يحمل نفس السمة التخطيطية هي ذات أهمية علمية هائلة في مجال البحث والتجريب.

بيد أن هذا النوع من الرسوم الطيفية ذو قيمة عملية كذلك، فبواسطتها يستطيع المرء - على سبيل المثال - أن يحدد معتمداً على التجربة العملية الحد الذي يبدأ عنده التمييز بين الأصوات، والذي تحتاجه أجهزة الإرسال والاستقبال الإلكترونية؛ كالهواتف وأجهزة الراديو ومقويات الصوت لكي تلبي متطلبات معينة من كفاءة التوصيل. ويمكننا أن نصوغ هذه الفكرة بطريقة أخرى فنقول: إنها تمكننا من تحديد الخصائص الزائدة التي نستطيع تجاهلها دون أن نضعف من درجة الوضوح. ومهندسو الاتصال معنيون على وجه

الخصوص بهذا الجانب من جوانب دراسة الكلام، فهم يضعون في حسابهم عندما يطلب إليهم تصميم مثل هذه الأجهزة - من بين المسائل الفنية - الحقيقة الآتية: إن دقة إعادة إنتاج الكلام تأتي أيضاً على حساب سعر السوق بالنسبة للمستهلك. وتقليلُ كفاءة التوصيل إلى أدْنى حد تسمح به أغراض الجهاز يمكن أن يؤدي إلى تصنيع آلات ذات أسعار أقل؛ كما أن كل زيادة غير ضرورية في كفاءة التوصيل ترفع تكاليف الإنتاج بشكل باهظ وتقلل استخدامه. وما زالت هناك تطبيقات عملية أخرى للتصوير الطيفي يمكن أن نتخيلها وإن كان المستقبل كفيلاً بتحقيقها. إنه مما يسهل تخيله إمكان تعليم الأشخاص أن يكتبوا بطريقة التصوير الطيفي، حتى إن الرسائل يمكن أن تحول بالشفرة إلى نظام هجائي يتكون من الصور الطيفية بدلاً من النظام الهجائي التقليدي أي إلى **الحرفيمات الطيفية** *spectrographemes* بدلاً من الحروف التقليدية. بل قد يمكن للإنسان أن يصمم ملامح تصويرية طيفية لآلة طباعة حتى ليمكن طبع كتب كاملة بالرسوم الطيفية. وقد لا يكون ذلك مكسباً كبيراً للطباعة العادية، بيد أن الرسائل المطبوعة بطريقة التصوير الطيفي على شريط ممغنط يمكن أن تكون مكسباً كبيراً. إن من الممكن أن نغذى بمثل هذه الشرائط **جهاز القارئ الطيفي** *spectrogram play back*، ويمكن الاستماع إلى الكتاب بدلاً من قراءته. ومن الممكن حتى الآن - بطبيعة الحال - أن نستمع إلى كتاب بواسطة التسجيلات على الأسلاك والشرائط، ولكن مهما يكن تصنيع عدد من النسخ المأخوذة عن شريط أصلي سريعاً ورخيص الثمن فلا بد أن يصنع التسجيل الأصلي الأول بواسطة صوت حي. وهنا، وعند هذه النقطة، يمكن أن يوفر التسجيل المطبوع بطريقة التصوير الطيفي كثيراً من الوقت والجهد والمال وإن كانت النتيجة المسموعة لن تكون مساوية للصوت الطبيعي. غير أن هذا النقص لن يكون خطيراً بالنسبة لعدد من الأغراض يكون فيها محتوى الرسالة هو الأهم وليس صفتها الأكوستيكية، بما في ذلك الصفة الجمالية والأدبية. أضف إلى ذلك أن إمكان علاج هذا

النقص مؤكد إذا صرف مهندسون وخبراء ممتازون في مجال فيزياء الصوت عنايتهم إليه. ومن المحتمل أن الصعوبات الهندسية والوقت الذي يُحتاج إليه لإنشاء آلة قابلة للتسويق من هذا النوع يمكن أن تصير أكبر مما أتخيل. ولكنّ تسويق أي إنتاج وثمنه مرتبطان بفائدته. وأستطيع أن أقول إن تصميم مهندس الاتصال لآلة مفيدة لكثير من الناس سيجذب فور إنجازه المشترين أيضاً، ويشجع على إجراء تحسينات أخرى ويمكن أن يصير جهاز تسجيل الصور الطيفية وسماعها من الأدوات المنزلية تماماً كالحاكي وأجهزة التسجيل بالأسلاك والشرائط الممغنطة التي كانت منذ فترة ليست جد بعيدة مجرد أدوات أو اختراعات في طور التجريب.

وقد تم إحراز خطوة واسعة إلى الأمام في هذا المجال بواسطة التطوير الحديث للمطياف ذي القنوات الثماني والأربعين(٢٤). إن كل الرسوم الطيفية التي وضحتها حتى الآن هي تسجيلات لأحداث لغوية تستغرق ٢,٣ ثانية. ومن الضروري للحصول على قطاعات أطول من الكلام أن ننتج سلسلة كاملة من الرسوم الطيفية ثم نرتبها، أو نلصق بعضها إلى بعض لنصنع منها صفاً من الرسوم - وهذه العملية غير مريحة وهي مضيعة للوقت؛ لأن إنتاج كل رسم طيفي على حدة يستغرق مدة أطول بكثير مما يستغرقه نفس النطق الذي نقوم بتحليله. أما المطياف ذو القنوات الثماني والأربعين فيعمل كآلة للتصوير السينمائية يلتقط صورة متحركة مستمرة للرسم الطيفي. ومن المستحيل طبعاً بهذا التنظيم أن نحصل على رسوم طيفية من النوع الذي ناقشنا جوانبه حتى الآن، وهي الرسوم التي تنتج مئتين من الجولات الترشيحية المتتابعة لرسالة يتكرر النطق بها كلها مئتي مرة، مع تدوين لآثار الجولات المئتين المتتابعة التي يقوم بها القلم. وينبغي أن نتذكر أن تعدد الجولات التحليلية كان ضرورياً للعدول عن استعمال وسيلة مرهقة تتكون من مئتي مرشح أو أكثر في الجهاز. ولكي يتسنى لنا هذا النوع من التصوير الذي يمارسه الجهاز الجديد يصبح من الضروري أن نعود إلى تركيب مرشحات ثابتة ذات ترددات مضاعفة يمكن

أن تعمل بطريقة متزامنة على نحو شبيه بالمرشحات التي في الشكل «١٤». غير أن المطياف الذي يقوم بتصويره متصل بواسطة ثمان وأربعين قناة إنما يستخدم - كما يشير اسمه - بدلاً من مئتي مرشح - ثمانية وأربعين مرشحاً تقوم بجولاتها الترشيحية ٥٠٠ مرة في الثانية.

ويبلغ عرض جميع المرشحات ٣٠٠ ذ/ث، ويمتد مجال الترشيح حتى التردد المركزي في النغمة ٤٠٠٠ ذ/ث. والمرشحات التي تغطي الترددات العالية ذات عرض ترشيحي أكبر. أما المرشح الأول فيغطي ما بين الصفر و ٢٠٠ ذ/ث. ومن فضول القول - بالنسبة لما أستهدفه الآن من هذا الكتاب - أن أذكر أسباب هذا كله، أو أن أناقش بالتفصيل ما ينتج عنه من رسوم طيفية. إن مبادئ التحليل والتصوير واحدة في نموذجي المطياف القديم والحديث ولكل منهما مميزات معينة ومساوئ معينة. (ينبغي أن يلاحظ أن المطياف ذا القنوات الثماني والأربعين يمكن أن يضبط بحيث يعطينا - تتابعاً سريعاً من اللقطات: ٦٤ صورة في الثانية لتقاسيم اتساع الذبذبات كالذي في الشكلين (١٩) و (٢٨)، ويمكن أن نلتقط الصورة لهذا التقسيم وحده أو مع إمكانات أخرى في وقت واحد. وقد لاحظنا عدم قدرة المطياف على تحقيق هذا الأمر، واضطررنا أن نقنع في الشكل (٣١) بصورة للاتساع من النوع الذبذبي. أما الآن فنستطيع - باستخدام المطياف الجديد - أن نحصل بالإضافة إلى ذلك على شيء شبيه بصورة لاتساعات الذبذبات عند ترددات معينة). وأما فيما يتعلق بتمييز أنماط الحزم الترددية، أي الصوتيمات فإن المطياف ذا القنوات الثماني والأربعين وافٍ تماماً بالغرض. إن لدينا الآن - إذن - جهازاً يقدم عرضاً مستمراً من الرسوم الطيفية (آلات التصوير الموجودة هي بكرات تصل مدة عرضها إلى ٣٠ دقيقة)، وهي رسوم تعد تسجيلات ثابتة نظراً لكونها مصورة على شريط سينمائي؛ ويمكن أن نصنع من هذه التسجيلات - في سرعة ودقة - أي عدد نرغبه كما هي الحال مع أي شريط سينمائي آخر، ولذلك يمكن أن تستخدم هذه الرسوم الطيفية أيضاً - بالإضافة لأغراض البحث - في عملية القراءة. وستقدم لنا

هذه الرسوم بطبيعة الحال نموذجاً أقرب إلى الكلام الإنساني من الحروف الطيفية اليدوية التي ذكرتها من قبل، لأنها أكثر صدقاً في تمثيل الكلام (بقدر ما في طاقة مطياف ذي ثمان وأربعين قناة من الصدق).

والحق أننا نعالج الآن عملية تسجيل وسماع تشبه المسار الصوتي على صورة سينمائية ناطقة، بيد أن التمثيل البصري على المسار الذي يصنعه المطياف هو تمثيل بالصورة الطيفية، ومن ثم فهذا النوع من الرسوم طريف من الوجهة اللسانية وملائم لإجراء تجارب لسانية وأكوستيكية من نوع خاص.

واستخدام الراسم الطيفي - أياً ما كان نوعه - بوصفة آلة للبحث والتجريب في مجال اللسانيات يبشر بالكثير. ولم يبدأ استثماره إلا منذ قليل. وأعتقد أن الجانب التجريبي لاستخدامه من الوجهة العلمية سيكون على المدى البعيد - أكثر طرافة وأهمية بالنسبة للدارسين. ومن الحق أن المطياف ليس هو الجهاز الوحيد الذي يجب أن يحوزه مختبر لساني جيد التجهيز، وأنه ليس الجهاز الوحيد الذي يحلل تحليلاً كاملاً كل الإشارات والمفاتيح التي يشتمل عليها الكلام. غير أن هذا الجهاز - كما يبدو لنا الآن - هو أعظم هذه الأجهزة فائدة وأكثرها تنوعاً في القدرات المتاحة خاصة بالنسبة لدراسة اللغة.

إن النتائج التي حصلنا عليها الآن تظهر مباشرة ما تتمتع به المكتشفات التي يمكنه التوصل إليها من قيمة عظيمة بحيث تعتمد عليها كل فروع الدراسات اللسانية سواء في مجال الدراسة الوصفية أو التاريخية.

* * *

لَحَــقٌ
بتعاليق المترجم
وحواشيه على النص



لَحَـــقٌ
بتعاليق المترجم وحواشيه على النص

مقدمة المؤلف

(١) يشير المؤلف إلى كتاب مـارتن جوس *"Acoustic Phonetics"* ، وهو أول عمل متكامل صدر في مجال فيزياء الصوت اللغوي، وذلك في عام ١٩٤٨.

ويهمني هنا أن أشير إلى أن بعض الفروض التي وردت في هذا الكتاب تعرضت للتعديل أو التغيير فيما بعد بفضل ما أحرزه هذا العلم من تقدم، وأنصح للقارئ على سبيل المثال بالرجوع، إلى المقال الآتي:

P.Delattre, "*The Physiological Interpretation of Spectrograms*", PMLA, Vol. LXVT, No. 5, PP, 864 - 875.

وفي المقال يعيد مؤلفه النظر في مقولات مارتن جوس عن العلاقة بين تجاويف جهاز النطق والحزم الترددية المميزة.

انظر: دراسة السمع والكلام، ص ص ١٩٧ - ١٩٨.

(٢) كتب بولجرام هذا الكلام منذ أربعين عاماً ونيِّف، وهو أصدق بقياس الأَوْلى على حال العلم الراهنة. غير أن هذا الكتاب بمعالجة نظرية الصوتيات الأكوستيكية والطيفية لا يزال يحتفظ بقيمته كاملة تقريباً، إذ إن أسس التحليل الأكوستيكي والطيفي لم يطرأ عليها كبير تغيير. أما التطور فقد ورد على تقنيات الأجهزة وربطها بالحاسوب. وقد أعفى ذلك الباحثين من مصاعب القراءة والحسابات اليدوية المعقدة.

وهناك كثير من التبوءات العلمية التي ضمها الفصل الأخير من هذا الكتاب وصدقها تطور العلم.

(٣) **لسانيات الحق الإلهي** *God's Truth Linguistics* اسم شاع في الخمسينيات وأوائل الستينيات علماً على أحد اتجاهين متطرفين من التفكير اللساني، في مقابل ما سمي **باللسانيات العبثية** *Hocus Pocus Linguistics*. ولكلا الاتجاهين طريقته في تصنيف مادة اللغة وأحداث الكلام؛ فالاتجاه الأول يقارب اللغة على توقع منه بأن اللغة تتضمن في ذاتها بنية حقيقية تنتظر الباحث ليكشف عنها الستار. ويفترض المنتمون إلى هذا الاتجاه أنه مادام الإجراء التحليلي يتمتع بالمنطقية والاتساق فإن الوصف الناشيء من التحليل لمادة بعينها سيكون واحداً، وأن أي مظهر من مظاهر الشك هو نتيجة لعيوب الملاحظة أو المنطق المستخدم في التحليل عند الباحث. ومن ثم فإن غاية البحث اللساني هنا هو إظهار نظام مستكن وموجود بالقوة في المادة اللغوية المدروسة.

(٤) **اللسانيات العبثية** *Hocus Pocus Linguistics* هي الاتجاه المتطرف المقابل للسانيات الحق الإلهي وأصحاب هذا الاتجاه يقاربون اللغة على توقع منهم بأن عليهم أن يقحموا على اللغة تنظيماً معيناً لكي تبدو في صورة نماذج بنيوية. وعلى ذلك إذا اجتمع لسانيون مختلفون على مادة لغوية واحدة فإن لهم أن يصلوا إلى مخططات وصفية مختلفة للمادة الواحدة؛ تبعاً لاختلاف تكوينهم العلمي، وتباينهم في الحدس العلمي والإجراءات التحليلية.

(٥) **يقصد بالتباينات الصوتيمية** *phonemic contrasts* فروق بين الأصوات كافية بذاتها لتحقيق تمايز الكلمات بعضها من بعض، وهكذا يكون صوتيم السين مقابلاً لصوتيم الزاي؛ إذ إن الفرق بين هذين الصوتين (الهمس في مقابل الجهر) هو الذي يؤدي إلى تمايز الكلمتين «سال» و «زال». وقد وهم

كثير ممن رد هذا التمايز إلى اختلاف في دلالة الصوتيم؛ إذ إن الصوتيم ليس له دلالة في ذاته. والصواب أن الاختلاف في الدلالة هو نتيجة للمقابلة بين هذين الصوتيمين في موقع واحد.

(٦) يتصل بالمصطلح السابق (في التعليقة ٥) مفهوم **التضاد** *opposition* **والتضاد الثنائي** *binary opposition* ويُقصد به العلاقة القائمة بين العناصر المكونة لنظام ما والتي يمكن بها تمييز هذه العناصر بعضها من بعض. وقد يكون التضاد صرفياً أو نحوياً (كالمذكر في مقابل الأنثى، والمبني للفاعل في مقابل المبني للمفعول). وقد يكون صوتولوجيّاً. وينشأ التضاد الصُّوتولوجي من وجود فرق بين صوتين يؤدي إلى وجوب التمييز بينهما بوصفهما صوتيمين مختلفين؛ كما في المثال السابق ذكره.

ويرجع إلى رومان جاكوبسون R. Jakobson ومن قبله تروبتسكوي من علماء مدرسة براغ اللسانية فضل استخدام مفهوم التضاد الثنائي في تحديد العلاقة بين عنصرين من عناصر النظام اللغوي. ويمكن على أساس هذا المفهوم تحديد الوحدات الأساسية للتحليل الصوتولوجي وهي الصوتيمات بوجود أو انعدام خصائص مميزة معينة؛ كالهمس في مقابل الجهر، أو الاحتكاك في مقابل الانفجار، أو الأمامية في مقابل الخلفية.... وهكذا.

ويعد التضاد الثنائي مكوناً من مكونات مبحث **السمات الفارقة** *distinctive features* في **الصوتولوجيا التوليدية** *generative phonology*، على خلاف بين الاتجاهات اللسانية في تسمية هذه الخصائص.

(٧) اقترح المترجم في بحث سابق ضرورة التمييز بين صفتي «لغوي» و«لساني»، وذلك بتخصيص الوصف الأول لما يتصل باللغة المتعينة التي هي موضوع الدرس *object language* كالعربية أو الإنجليزية وغيرهما، والوصف

باللساني لما يتصل بالعلم الدارس وإجراءته ومناهجه وحقائقه (انظر: «نحو استثمار أمثل لفوضى الرصيد المصطلحي»: ورقة قدمت إلي ندوة التعاون العربي في مجال المصطلح، المنظمة العربية للمواصفات، تونس، ١٩٨٥.

وإذا أخذنا بهذا التمييز سهل علينا أن نفهم المراد بالخصيصة اللغوية الخالصة (المنسوبة إلى اللغة التي هي مادة التحليل) *(linguistic property)*، والخصيصة اللسانية المنسوبة إلى العلم المستخدم في التحليل *(meta - linguistic property)*.

(٨) في ضوء الإيضاح المتقدم في التعليقة رقم (٧) يراد بها الخاصية اللسانية لا اللغوية.

القسم الأول

(١) الدراسة هنا مسلطة على أصوات الكلام بما هي مادة فيزيائية محض، من غير اعتبار للمظهر التواصلي. وسيرد تمييز أوضح للفرق ما بين المستويين في لاحق الفصول.

(٢) المصطلح *inertia* يقصد به خاصية القصور الذاتي، وهي ميل الجسم إلى استعادة وضعه الأصلي من حيث الثبات والحركة، بأن يستعيد ثباته إن حرك وكان من شأنه الثبات، أو يستعيد حركته إن أوقف وكان من شأنه الحركة. وذلك عندما تنعدم القوة الخارجية المؤثرة في تحريكه أو إيقافه.

(٣) انظر شرحاً وافياً للحركة البندولية وأثرها في إنتاج الموجة الصوتية في: كتابي: دراسة السمع والكلام، ص ص ٢٠ - ٢٣.

(٤) لتمييز الفروق بين الموجة الطولية والموجة المستعرضة، انظر: (دراسة السمع والكلام، ص ٢٤).

(٥) تنتج النغمة عن تحرك منظم للجسم المهتز في الوسط الناقل للصوت، ويقصد بانتظامه أنه ينتج نظرياً عدداً ثابتاً من الذبذبات الكاملة في كل ثانية.

(٦) موضوع الدراسة الصوتية (الفوناتيكية) هو دراسة خصائص أصوات الكلام الصادرة عن جهاز النطق البشري من الوجهتين العضوية والفيزيائية. والوحدة المدروسة في هذا المستوى هي الصوت *phone*. أما الدراسة الصوتيمية فتتولى دراسة نظام العلاقات الذي يحكم الأصوات اللغوية في لغة بعينها تبعاً لما بين أصواتها من سماتٍ؛ أي أن غاية الصوتيميات هي تأسيس النظرية الصوتية للغة معينة. وعلى أساس من هذه الدراسة تُصنَّف «الأصوات» *phones* إلى الوحدات الأساسية الحاملة لفروق المعاني الصوتيمات *phonemes*، وإلى تحققات تتباين بتبايُن الجوار الصوتي وإن كانت لا تؤثر في إنجاز التواصل *allophones*. ويتم التوصل إلى هذا التصنيف باستخدام تقنيتي التباينات الصوتيمية والتضاد الثنائي؛ وانظر التعليقتين ٥ و ٦ في المقدمة.

وقد يتعارض تصنيف الصوت باعتبار خصائصه المادية المحض مع تصنيفه باعتبار وظيفته في نظام لغة ما؛ فالأصل في الصوائت الجهر، بل هي جهر خالص يتم تكييفه في التجاويف العليا من جهاز النطق؛ وهذه هي خاصيتها الصوتية (الفوناتيكية)، كما أن من خصائص الصوائت أنها تقع في الغالب قمة للمقطع. غير أن الباحث قد يعثر في لغة ما على أصوات مهموسة تقوم بهذه الوظيفة المقطعية. وحينئذ قد يلجأ الباحث إلى وضع هذه المهموسات في طائفة الصوائت باعتبار وظيفتها، ويكون لديه حينئذ صائت مهموس.

وقد دفع هذا التعارض المتوقع بعض العلماء إلى اعتماد منظومتين مصطلحيتين مختلفتين، تختص إحداهما بالمستوى الصوتي، والأخرى بالمستوى الصوتيمي؛ بحيث يكفي مجرد استخدام المصطلح في تحديد نوع المستوى المدروس.

(راجع كتاب: K. Pike, ***Phonemics***, pp. 13-14 حيث اعتمد المصطلحات ***vocoid / non vocoid*** و ***contoid / non contiod*** للتمييز بين المستويات. وقد جرينا على هذه السنة في كتابنا دراسة السمع والكلام، وحمدنا نتائجها في الإيضاح والقدرة على التوصيل، انظر: ص ص ١٦٢ - ١٦٣.

وإذا علمتَ ذلك تبين لك خطأ القول الشائع في كثير مما تصادفه في كتب متخصصة (!!) من تحديد لمهمة الصوتيات *phonetics* بأنها دراسة الصوت المجرد قبل انخراطه في السياقات الصوتية المختلفة «التي تغير من صفاته وإن لم تغير من دلالته» (!!)؛ فالتجريد تقنية صوتيمية لا صوتية. وإذن فالصوتيات دراسة للخصائص المادية لا النظامية لأصوات اللغة.

(٧) عن ألوان التمايز بين الأصوات انظر التعليقة رقم (١١) من تعاليق القسم الثالث.

(٨) ينبغي أن نمايز بين نوعين من الوشوشة أولهما ما نسميه بالكلام الموشوش *whispered speech*، وهو الشكل الذي نستخدمه عندما نُسِرُّ بحديث ما إلى أحد. ويتحقق هذا النوع من الكلام بانطباق الوترين الصوتيين نتيجة تجاذب الغضروفين الهرميين بالرأس. وبذلك يكون ممر الهواء من الحنجرة محصوراً في المسافة الواقعة بين الغضروفين الهرميين. وفي هذه الحال يختفي التمييز بين المهموس والمجهور من الأصوات باهتزاز أو عدم اهتزاز من الشفتين الصوتيتين. وتقوم مقام هذه السمة الفارقة سمات أخرى كالتوتر والارتخاء (انظر التعليقة رقم (٧) من تعاليق هذا القسم).

وثاني نوعي الوشوشة ما يسمى بالكلام النَّفَسي *breathy speech*، وهو

ما يطلق عليه المؤلف الوشوشة المسرحية *stage whisper*. وسبب هذه التسمية الأخيرة يرجع إلى أن هذا النوع من الكلام يستخدم عادة بوصفه تقنية مسرحية في المواقف التي يُحدِّثُ فيها أحد شخصيات المسرحية نفسه بحديث يقصد مؤلف المسرحية أن يوصله إلى النظارة، على حين يفترض (مسرحياً) ألا يسمعه النظارة أو المشاركون في المشهد المسرحي. وفي هذا النوع من الكلام لا تتخذ الشفتان الصوتيتان وضعاً ثابتاً، فهو في حقيقته كلام: مجهوره مجهور، ومهموسه مهموس. وإنما يختلف عن الكلام العادي باستخدام دفعة من الهواء أكبر مما يلزم لإصداره، مما يعطيه خاصية الوشوشة الزائفة التي تكلم عنها المؤلف. وقد وردت في بعض ما كتب بالعربية تعريفات للوشوشة فيها نظر.

(٩) / θ / رمز لصوت احتكاكي مهموس يصدر مما بين الأسنان شبيه بالثاء العربية.

(١٠) / x / رمز لصوت احتكاكي مهموس طبقي من موضع نطق الكاف.

(١١) / η / رمز لصوت أنفي يصدر من الحنك اللين من موضع نطق الجيم القاهرية. وهو يشبه صوت النون الذي ينطق به القاهريون في الكلمة «مانجو».

(١٢) / p / رمز لصوتيم أنفي غاري.

(١٣) / ɼ / رمز لصوتيم أنفي لثوي.

(١٤) نورد في الجدول الآتي وصفاً ملخصاً لصوتيمات العربية الفصحى المعاصرة بالاعتماد على التباينات الصوتيمية.

صوتيمات السواكن العربية

المخارج	الصفات													
	انفجارية				انفجار محتك	انطلاقية احتكاكية				انطلاقية غير محتكة				ملاحظات
	مجهور		مهموس		مجهورة	مجهورة		مهموسة		مجهورة				
	مرقق	مفخم	مرقق	مفخم	مرققة	مرقق	مفخم	مرقق	مفخم	أنفي	ترددي	جانبي	نصف حركة	
شفوى ثنائي	ب									م			(و)	متحرك
شفوى أسناني								ف						
أسناني						ذ	ظ	ث						
لثوي (أصول الأسنان)	د	ض	ت	ط		ز		س	ص	ن	ر	ل	ي	متحرك
من الحنك الصلب «الغار»					ج			ش					(و)	متحرك
من الحنك اللين «الطبق»			ك			غ		خ						
اللهاة			ق											
البلعوم						ع		ح						
الحنجرة			ا					هـ						

بل	ضل	تل	طل	جل	ذل	ظل	فل	صل	هل	رم	لم	يد
دل	ض	كل			زل		ثل		نل			ود
		قل			غل		سل					
		أل			عل		شل					
							خل					
							حل					
							هل					

صوتيمات الصوائت العربية

الفتحة القصيرة /a/ سَل — الفتحة الطويلة /aa/ سال

الكسرة القصيرة /i/ مِلّ — الكسرة الطويلة /ii/ مِيل

الضمة القصيرة /u/ فُل — الضمة الطويلة /uu/ فُول

(١٥) يراجع في ذلك التعليقتين رقمي ٣، ٤ (من تعاليق هذا القسم).

(١٦) يطلق مصطلحي التوزيع التكاملي *complementary distribution* في المجال الصوتولوجي على الصور المختلفة للصوتيم الواحد؛ حيث تختص كل صورة منها بموقع لا تشركها فيه أي صورة أخرى من صور هذا الصوتيم. ويشكل مجموع هذه الصور التوزيع التكاملي لهذا الصوتيم، ومثال ذلك في العربية الراء اللمسية، وتكون متبوعة بحركة. والراء الترددية التي تكون دائماً متبوعة بصامت أو غير متبوعة بشيء؛ حيث تتكامل هاتان الصورتان لتشكلا التوزيع التكاملي لصوتيم الراء في العربية.

ومعيار التوزيع التكاملي صالح للتطبيق بما هو وسيلة منهجية على مستوى الصرفيم وصوره المختلفة، ومثال ذلك التوزيع التكاملي بين صرفيمي جمع المذكر السالم «الواو والنون» في حالة الرفع، «والياء والنون» في حالتي النصب والجر؛ وهكذا.

(١٧) يرتبط التمييز بين ما يسمى بالبنية الظاهرية *surface structure* والبنية الباطنية *deeper (underlying) structure* بالاتجاه التحويلي التوليدي في اللسانيات. وقد أمكن باستخدام هذا المنهج الوصول إلى علاقات بنيوية بين أنواع من الجمل كان يُظَنُّ أن العلاقة بينها دلالية فحسب وليست تركيبية (وذلك كالجمل المبنية للمعلوم والجمل المبنية للمجهول في الإنجليزية).

ويقصد أصحاب الاتجاه بالبنية الظاهرة العلاقات التي تنشأ بين عناصر جملة منطوقة بالفعل نتيجة لتتابع العناصر اللغوية وتجاورها. أما البنية الباطنية فالمقصود بها العلاقات المنطقية التي تكْمُنُ تحت البنية الظاهرة، وقد لا تبدو واضحة من النظرة العاجلة. ومن هذه العلاقات المنطقية على سبيل المثال علاقات الإسناد والمفعولية والوصفية... إلخ.

وقد لحظت هذه المدرسة اللسانية أن البنية الباطنية الواحدة يمكن تحويلها إلى بنية ظاهرة أو أكثر من بنية ظاهرة. ومن أمثلة ذلك في اللغة العربية إمكان تحويل علاقة الإسناد المعبر عنها في الآية الكريمة ﴿وَأَن تَصُومُوا خَيْرٌ لَّكُمْ﴾ (سورة البقرة٢/١٨٤)، بالمصدر المؤول والخبر إلى بنية ظاهرية أخرى مثل: «صومكم خير لكم».

وكذلك يمكن في رأي أتباع هذه المدرسة تحويل البنية الظاهرة الواحدة إلى أكثر من بنية باطنية. ويظهر هذا في العربية في اختلاف التوجيه الإعرابي (الذي هو - فيما نرى - محاولة للكشف عن البنية الباطنية) للجملة الواحدة (التي هي بنية ظاهرية واحدة). (لاحظ على سبيل المثال: تنوع التوجيه النحوي في إعراب الآيتين الكريمتين ﴿أَمْرًا مِّنْ عِندِنَآ إِنَّا كُنَّا مُرْسِلِينَ * رَحْمَةً مِّن رَّبِّكَ﴾ (سورة الدخان ٤٤/٥ - ٦)؛ فقد قال الأخفش بنصب «رحمة» على الحال، وأعربها الفراء مفعولاً من أجله؛ أي للرحمة، وقيل هي بدل من «أمراً»... وهكذا). ومن هنا نشأت في تحليل البنية الظاهرية فكرة **الجملة النواة** ***kernal sentence***؛ **والجمل المحولة** *transformed* التي عرف بها هذا الاتجاه في مراحله الأولى (ملاحظة: تضاءلت أهمية فكرة الجملة النواة في المراحل المتأخرة من كتابات هذه المدرسة، ولا مجال هنا لتفصيل القول في ذلك وفي المنجزات اللسانية للمدارس الأخرى التي نشأت رداً على التوجه التوليدي - التحويلي).

(١٨) الكلام الصناعي هو كلام لا يصدر عن الإنسان، وليس إعادة مسجلة لنطق إنساني بل هو كلام يقوم جهاز صناعي بإصداره. وقد توصل العلماء إلى تصنيع الكلام بإعادة تجميع الكميات الأكوستيكية الأساسية التي يتميز بها حدث لغوي ما، وذلك بواسطة مولدات الذبذبات. وتتوقف درجة النجاح في تصنيع الكلمة على المعرفة الدقيقة بهذه المكونات سلفاً حتى يمكن تجميعها. ومن هنا كان جهاز الراسم الطيفي وجهاز قراءة الراسم

الطيفي *pattern playback* أساسيين في التمهيد لتصنيع الكلام. وسيزداد هذا الكلام وضوحاً إن شاء الله من خلال هذا النص الذي ترجمناه.

(١٩) بما أن الأذن ليست مؤهلة لإدراك جميع الاهتزازات التي تحدث في الهواء، وبما أن أقل قوة (أو شدة) تستطيع الأذن العادية تمييزها من الصمت هي $١٠^{-١٦}$ واط/سم^{٢} (= ٠,٠٠٠٢ داين/سم^{٢})، وبما أن زيادة قوة الصوت (أي شدته) على $١٠^{-٤}$ واط/سم^{٢} (= ٢٠٠٠ داين/سم^{٢}) تُلحِق بجهاز السمع عند الإنسان أضراراً بالغة - لذلك لم يهتم علماء الصوتيات بقياس الكم المطلق للشدة أو الضغط، بل صرفوا اهتمامهم إلى قياس التناسب بين كميتين أو أكثر من كميات الشدة أو الاتساع الواقعة بين هاتين النقطتين؛ نعني النقطة التي تمثل أقل شدة أو ضغط ينتج عنه صوت مسموع، والنقطة التي تمثل أكبر شدة أو ضغط يمكن للأذن إدراكها من غير ألم. ولهذا الغرض ابتكرت وحدة الديسيبل (وقد سميت هذه الوحدة باسم ألكسندر جراهام بل).

وإذن، فالديسيبل (ويكتب اختصاراً د. ب) ليس مقياساً ذاتيّاً من مقاييس الإدراك، ولكنه مقياس موضوعي لحساب النسبة بين كميتين (أو أكثر) من كميات القوة أو الاتساع بالقياس إلى الكمية $١٠^{-١٦}$ واط/سم^{٢} (= ٠,٠٠٠٢ داين/سم^{٢})، وهي نقطة البداية بالنسبة لقدرة السمع البشري على تمييز وجود الصوت من الصمت (أو ما يسمى عتبة السمع *threshold of hearing*).

والأذن قادرة على تمييز عدد هائل من كميات القوة (والاتساع أيضاً) فيما بين النقطتين المحددتين لمجال السمع عند الإنسان. إن شدة أعلى صوت يمكن للأذن سماعه تصل إلى بليون مِثْل بالنسبة لشدة أخفض صوت يمكن لها تمييزه. ومع ضخامة هذه النسبةً، وتفادياً لضخامة الأرقام المستخدمة فيها، حدد التناسب بين شدتيّ (أو ضغطيّ) أي صوتين باستخدام العلاقة اللوغارتيمية للأساس ١٠، ويمكن حساب النسبة بين قوتيّ صوتين

بالديسيبل باستخدام المعادلة الآتية:

$$د \text{ النسبة بالديسيبل} = ١٠ \text{ لو } \frac{ق_١}{ق_٢}$$

حيث إن $ق_١$ هي قوة الصوت الأول و $ق_٢$ هي قوة الصوت الثاني؛ أي أن النسبة بالديسيبل تساوي ١٠ أمثال لوغاريتم النسبة للأساس ١٠ بين قوتيّ صوتين. فإذا أردنا إيجاد النسبة بين صوتين نسبة قوة أحدهما إلى الآخر ١٠٠٠:١ فإن لوغاريتم النسبة بينهما تكون:

$$\frac{١٠٠٠}{١} = ١٠٠٠ = \text{لو } ٣$$

وبتطبيق المعادلة السابقة ينتج:

$$د = ١٠ \text{ لو } \frac{ق_١}{ق_٢} = ١٠ \times ٣ = ٣٠ \text{ دب}$$

أي أن شدة الصوت الأول تزيد على شدة الصوت الثاني بمقدار ٣٠ د.ب.. ولما كانت القوة تساوي مربع الضغط كما ذكرنا، فإن النسبة بين قوتي صوتين بالديسيبل تساوي النسبة بين مربعيّ ضغطيهما؛ أي أن:

$$\frac{ق_١}{ق_٢} = \frac{ص^٢_١}{ص^٢_٢}$$

حيث $ص_١$ هو ضغط الصوت الأول، و$ص_٢$ هو ضغط الصوت الثاني. وإذا كانت العلاقة اللوغاريتمية بين لوغاريتم مربع العدد والعدد نفسه تحددها المعادلة الآتية:

$$\text{لو } (أ^٢) = ٢ \text{ لو } ١$$

حيث أ هو العدد موضوع العلاقة - لذلك تستخدم المعادلة الآتية في حساب النسبة بين ضغطي صوتين بالديسيبل:

$$د \quad ١٠ \text{ لو } \frac{أ^١}{ص^٢} = ٢ \text{ لو } \frac{أ}{ص}$$

حيث ص هو الصوت المطلوب مقارنة ضغطه بالصوت أ.

ولذلك تحسب العلاقة بين القوة والضغط بالديسيبل باستخدام المعادلة الآتية:

$$د = ١٠ \text{ لو } \frac{ق_١}{ق_٢} = ١٠ \text{ لو } \frac{ص_١^٢}{ص_٢^٢}$$

$$= ١٠ × ٢ \text{ لو } \frac{ص_١}{ص_٢}$$

أي أن : $د = ٢٠ \text{ لو } \frac{ص_١}{ص_٢}$

وبتطبيق المعادلة على المثال السابق، وهو إيجاد النسبة بين ضغطي صوتين نسبة قوة الأول إلى الثاني ١٠٠٠:١ نجد أن:

$$\frac{١٠٠٠}{١} = \frac{(١٠٠٠)^٢}{(١)^٢} = \frac{١٠٠٠٠٠٠}{١} = \text{لو } ٦$$

وإذن تكون:

$$د = ١٠ × \text{لو}_٦ = ٦٠ \text{ دب}$$

ويمكن أيضاً حساب النسبة بطريقة أخرى على النحو الآتي:

$$د = ١٠ × ٢ \text{ لو } \frac{١٠٠٠}{١}$$

$$= ١٠ × ٢ \text{ لو}_٣ = ٦٠ \text{ دب}$$

أما إذا كانت النسبة بين قوتَيْ صوتين تمثل قيمة وسيطة وليست مضاعفات للأساس ١٠، وذلك كأن تكون النسبة بينهما ١:٢؛ فعلينا أولاً إيجاد لوغاريتم النسبة بينهما (أي القوة التي ترفع إليها ١٠ لتكون النتيجة ٢). وبما

أن لوغاريتم النسبة ٢:١ هو ٠,٣، وبما أن النسبة بين القوتين بالديسيبل تساوي ١٠ أمثال اللوغاريتم ٠,٣ - فإذن تكون النسبة بينهما بالديسيبل ٠,٣ × ١٠ = ٣دب، أي أن قوة الصوت الأول تزيد على قوة الصوت الثاني بمقدار ٣دب.

(٢٠) هذه ألقاب لطبقات الأصوات في الغناء والإنشاد. ويشير مصطلح الألتو *alto* إلى أعلى طبقة في أصوات الرجال وهو دون طبقة التينور *tenor* أو إلى أخفض أنواع الأصوات لدى الأولاد والنساء *contralto*. وأما أخفض طبقات الأصوات لدى الرجال فيطلق عليه الباص *basso*، كما يطلق مصطلح الباريتون *baritone* على طبقة الصوت التي تقع ما بين طبقة الباص وطبقة التينور عند الرجال. ويستخدم مصطلح السوبرانو *soprano* للدلالة بعامة على أعلى طبقات الأصوات في الصوت البشري، وإن كان يغلب استعماله في تسمية أعلى طبقات الأصوات عند النساء خاصة.

ويهمنا هنا تحرير مفهوم مصطلح «طبقة» الصوت الذي يستخدم أحياناً بطريقة غامضة. ويُقصد بطبقة الصوت أعلى إمكانية تصل إليها درجة تردد نغمة الأساس (التي هي القاسم المشترك الأعظم للنغمات التوافقية الصادرة عن اهتزاز وترين صوتيين) دون تكلف أو تهدج. ومساحة صوت المغنى أو المنشد هي المسافة التي ينتقل فيها المغنى بين أقل تردد وأعلى تردد في نغمة الأساس بحيث يتم هذا الانتقال تدريجياً دون تهدج أو حشرجة.

(٢١) لعل من المفيد لكي نفهم عبارة المؤلف فهماً دقيقاً أن نتعرف إلى الفرق ما بين التدرج المئوي *centigrade scale* والتدرج الفهرنهيتي *fahrenheit scale* المستعملين لقياس الحرارة. ونوجز ذلك فنقول:

إن استخدام التدريج المئوي أكثر شيوعاً بالنسبة للأغراض العلمية، وفيه تقسم المسافة الواقعة ما بين النقطتين الثابتتين وهما: نقطة تجمد

الماء ونقطة غليانه إلى مئة جزء بالتساوي، وتكون نقطة تجمد الماء هي الصفر ونقطة غليانه ١٠٠ درجة.

أما التدريج الفهرنهيتي وهو شائع الاستعمال في انجلترا وأمريكا فتقسم فيه المسافة الواقع ما بين النقطتين المذكورتين إلى ٨٠ درجة، وتبدأ من ٣٢ ويشار بها إلى نقطة تجمد الماء وتنتهي عند ٢١٢ ويشار بها إلى نقطة غليانه. وعلى ذلك ٥° مئوية تساوي ٩ فهرنهيت. ويمكن تحويل القراءة بالتدريج المئوي إلى قراءة بالتدريج الفهرنهيتي والعكس. وإذا أخذنا مثالاً على ذلك درجتي الحرارة المذكورتين في نص الكتاب وهما ٢٠° مئوية التي تساوي ٦٨ فهرنهيت وأردنا أن نفهم معادلة التحويل أمكننا أن نعبر عن ذلك على النحو الآتي:

التحويل المئوي إلى فهرنهيتي:

$$\frac{\text{الدرجة المئوية} \times ٩}{٥} + ٣٢$$

أي أن ٢٠° مئوية = $\frac{٢٠ \times ٩}{٥} + ٣٢$ = ٦٨ فهرنهيت،

أما العكس فيكون على النحو الآتي:

الدرجة الفهرنهيت = ٣٢ × $\frac{٥}{٩}$

أي أن ٦٨ فهرنهيت = ٦٨ − ٣٢ = $\frac{٣٦ \times ٥}{٩}$ = ٢٠° مئوية وهكذا.

(٢٢) يذكر المؤلف بحق أن المحاولات التي بذلها العلماء لمعرفة طبيعة ما يجري داخل الحنجرة على وجه اليقين لم تحقق نجاحاً كبيراً.

وقد عدد من بين هذه المحاولات إيلاج ميكروفونات داخل الحنجرة من خلال الفم أو إلى داخل الحنجرة مباشرة من الخارج. وقد أمكن حديثاً معرفة بعض التفصيلات عن اهتزاز الشفاه الصوتية الذي ينتج عنه النغمة الحنجرية.

وتم ذلك بإيلاج مرآة من النوع الذي يستعمله طبيب الأسنان إلى داخل الفم مع وضع مصدر للضوء في الخارج، وعاكس للضوء يوضع أمام الفم بحيث يعكس الضوء إلى داخله. وتقوم المرآة بدورها بعكس الضوء إلى داخل الحنجرة. وحينئذ يمكننا باستخدام آلة تصوير ذات سرعة عالية أن نلتقط صوراً لاهتزازات الشفتين الصوتيتين التي ستبدو في المرآة أثناء عملية الأداء. كما يمكننا بعرض هذا الفيلم بالسرعة البطيئة مشاهدة هذه الاهتزازات ومعرفة معلومات مهمة عن طبيعتها.

انظر صورة موضحة لهذه التجربة في كتاب.

P.B. Denes and E.N. Pinson, ***The Speech Chain***: Newyork, 1943, p. 60.

وانظر مزيداً من التفصيل بشأن النغمة الحنجرية في: دراسة السمع والكلام: ص ص ١٠٨ - ١١١.

(٢٣) يسمى هذا النوع من الموجات بالموجات الموقوفة *stationary* ولا تتحقق شروط إنتاج مثل هذا النوع أثناء الكلام بحال. وقد بين المؤلف هذه الشروط، ونضيف إلى ما ذكره: أن الصمت يحدث نتيجة لتوافر مثل هاتين الموجتين على الرغم من أن اتساع الذبذبة *amplitude* يصل في الموجة الموقوفة الناتجة إلى ضعف اتساعها في كل من الموجتين المكونتين على حدة.

(٢٤) يتألف جهاز الكيموجراف من أسطوانة تدور كهربيّاً بسرعة ثابتة توضع عليها ورقة مصقولة مغطاة بطبقة من السناج، ثم مجموعة من الأقلام ترتكز على أغشية قابلة للاهتزاز في سهولة تبعاً لاهتزاز الهواء تحتها. ويصل هذا الهواء عن طريق مجموعة من الخراطيم بقطع معدنية توضع على الحنجرة من الخارج، أو فوق الفم، أو في فتحتي الأنف، أو بقطعة من المطاط تلف حول الصدر. وهكذا تنتقل اهتزازات الهواء أثناء الكلام عبر الخراطيم فيتحرك الغشاء الذي يرتكز عليه القلم. وحين يتحرك القلم أثناء التدوين يزيل

جزءاً من طبقة السناج تبعاً للاهتزازات التي تحركه. ويمكن بعد إجراء التجربة أن ترفع الورقة بحذر، ويجرى تثبيت التدوين بغمس الورقة في محلول من الكحول ومادة القلفونيا وتجفيفه.

(انظر وصفاً تفصيلياً للجهاز في كتاب الدكتور عبدالرحمن أيوب: **أصوات اللغة**، وصوراً لبعض التجارب في كتاب الدكتور تمام حسان: **مناهج البحث في اللغة** وكتاب: **دراسة السمع والكلام** للمترجم).

(٢٥) ليس **الراسم الذبذبي** *oscillograph* الذي يعمل بأشعة كاثود هو الوسيلة الوحيدة لإنتاج رسم ذبذبي للصوت بعامة والكلام بخاصة. ولكن هناك أجهزة أخرى كثيرة تمدنا بأنواع مختلفة من الرسوم الذبذبية نذكر منها على سبيل المثال:

(أ) جهاز **راسم النغمات** *intonograph*. ويمكن لهذا الجهاز في صورته الحالية أن يمدنا بمجموعة من المعطيات المتزامنة للحدث اللغوي:

١ - **شدة الصوت** *intinsity*، أي قياس القوة المستخدمة في النطق.

٢ - سلم التغير في درجة الصوت بحيث يمكن بتوصيل النقط بين القراءات المختلفة تحديد **سلّم التغير في الدرجة** *pitch contour* وبذلك يظهر النمط التنغيمي في الجملة أو في الكلمة.

٣ - رسم ذبذبي للحدث اللغوي تظهر فيه الخصائص الأكوستيكية للأصوات وانتقالاتها خلال الأداء.

(ب) جهاز **راسم الدرجة الحنجرية** *glottograph* ولا يعطينا إلا رسماً لتغير درجة الصوت فقط (الوظيفة رقم ٢ في الجهاز أ).

(جـ) نوع من الأجهزة يعد تطويراً إليكترونياً لجهاز الكيموجراف القديم، ويعطينا رسماً ذبذبياً للحدث اللغوي (الوظيفة رقم ٣ في الجهاز أ). ويختلف عن الجهاز القديم في أنه يسجل أثر حركة جزيء من جزيئات

الهواء أثناء الأداء، على حين يسجل الكيموجراف القديم ميكانيكياً حركة الهواء في مجموعه أثناء الكلام.

(٢٦) **اللغة النغمية** *tone language or polytonic language* هي لغة تكون فيها النغمة أو نموذج درجة الصوت جزءاً من البنية النحوية والدلالية للكلمات أكثر من كونها جزءاً من بنية الجمل. ولذلك تعد اللغة العربية من نوع اللغات غير النغمية *non - tone languages* حيث لا يستخدم تغيير درجة النغمة الحنجرية إلا للتمييز بين الجمل التقريرية وجمل الاستفهام (عند غياب الأداة) أو للتعبير عن انفعالات معينة تصاحب النطق بالجمل.

(٢٧) ينشأ أحياناً عن اتصال كلمة بأخرى بعض التغييرات التي تصيب إحداهما أو كلتيهما، ويسمى هذا **بأثر التجاور أو الاتصال** *mutation or sandhi* كما يطلق عليه **الظواهر المفصلية** *junctions*. ومن أمثلة هذه التغيرات في العربية حركة الكسر التي تلحق الفعل المجزوم أو المبني على السكون عند اتصاله بما بعده في مثل «لم يُطِعِ الأمر» و «أَطِعِ الأمر»، وكذلك سقوط همزة الوصل في مواقع معينة ...إلخ.

وظاهر من كلام المؤلف أن النغمة من خواص الكلمة في اللغات النغمية، وأن النماذج التنغيمية من خواص الجملة، وتوجد في اللغات النغمية وغير النغمية على سواء. وفي حالة اشتمال حدث لغوي ما في لغة نغمية على نموذج تنغيمي (كالنموذج المستخدم في الاستفهام بلا أداة مثلاً) يكون الرسم البياني للتنغيم في هذا الحدث هو المحصلة النهائية لأمور ثلاثة: أولها نغمة الكلمة، وثانيها النموذج التنغيمي للجملة، وثالثها التغيرات النغمية التي تنشأ عن الانتقال من نغمة كلمة إلى نغمة كلمة أخرى، وتسمى هذه التغيرات الأخيرة **نغمات الاتصال** *sandhi tones*.

(٢٨) وجّه ل. ليسكر Leigh Lisker نقداً لاذعاً لهذا الكتاب الذي ترجمناه (لدي في مكتبتي صورة من هذا المقال. ولكني نسيت تسجيل

المعلومات البيبليوجرافية الكاملة وبخاصة اسم المجلة التي نشر فيها على النسخة المصورة). ومن بين ما انتقده ليسكر فصل المؤلف بين الرنين والتقوية والاضمحلال وعدم توضيحه العلاقة بين هذه الظواهر الثلاث. وأكثر مآخذ ليسكر على الكتاب ترجع إلى إقحام الخلافات النظرية في تناول حقائق علم الأصوات التجريبي. ونحن نحاول - من خلال هذه التعلقيات - الإفادة من نقد ليسكر في استكمال ما فات المؤلف من أمور.

(٢٩) تبسيطاً للطريقة التي يحسب بها عرض النطاق الرنيني علينا أن نحدد نقطتي منتصف القوة في المنحنى الرنيني. ويتم ذلك بأن نعرف اتساع الذبذبة عند ذروة التردد المركزي، ثم تحديد نقطتين على جانبي «التردد - الذروة»؛ حيث يصل اتساع الذبذبة إلى نصف مقدار اتساعها عند الذروة. وبعد ذلك نحسب المسافة بين هاتين النقطتين على محور التردد.

(٣٠) انظر ص ٨١ - ٨٢ من هذا الكتاب والتعليقة السابقة.

القسم الثاني

الصوتيات والصوتيميات

(١) شاعت ترجمة هذا المصطلح *affricate* **بالصوت الانفجاري - الاحتكاكي أو الصوت الاحتباسي - الاحتكاكي**. وقد ارتضى مجمع اللغة العربية ترجمته «بالصوت المزجى»؛ إذ يمتزج في النطق به الاحتباس والاحتكاك. ولا بأس بهذه الترجمة؛ لأنها أخصر، وإن كانت أقل وضوحاً في دلالتها.

(٢) الكثرة الغالبة من أصوات الكلام تنتج أثناء الزفير. أما أصوات الطقطقات والأصوات الشفطية فهي الأصوات التي تصدر أثناء الشهيق. ومن أمثلة ذلك صوت الطقطقة الشفطي الدال على النفي أو الذي يستخدم في زجر بعض الحيوانات أو استدعاء الدجاج للأكل في بعض الثقافات.

(٣) لأن الهمس والرنين صفتان محجوبتان بالتبادل لا يصح البتة أن يوصف أي صوت في سياق معين بأنه لا هو بالمجهور ولا بالمهموس، ولا أن يوصف بأنه مهموس مجهور. كما لا يصح أن يقال: إن الجهر والهمس صفتان تشترك فيهما الصوامت والحركات على سواء؛ إذ الحركات مجهورة بالضرورة (وانظر أيضاً التعليق الآتي).

(٤) وصف الحركات بأنها مهموسة هو وصف صوتيمي وليس صوتياً على ما سبق بيانه. أما تصنيف هذا النوع من الأصوات تصنيفاً صوتياً فيقتضى وضعها تحت فئة الأصوات الاحتكاكية.

(٥) الصوتيمات العربية الرنانة هي الصوائت جميعاً (الكسرة والفتحة والضمة قصاراً وطوالاً) والواو والياء اللذان هما نصفا حركة، والميم والنون والراء واللام.

ويرى الأستاذ فيرجسون C. A. Ferguson أن اللام المرققة واللام المفخمة في العربية صوتيمان مستقلان، وأن اللام المفخمة ليست تنويعاً موقعيّاً للمرققة. وقد دعم رأيه هذا ببعض البراهين وضمنه مقاله الآتي:

[The Emphatic L in Arabic Language, vol. 32, No 3, 1950, pp. 461 - 468].

(٦) الرمز / ž / هو للصوتيم الأول من كلمة Job

والرمز / ð / هو للصوتيم الأول من the

والرمز / θ / هو للصوتيم الأخير من mouth

والرمز / ʃ / هو للصوتيم الأول من shall

والاحتكاكيات المجهورة في العربية هي الذال والزاي والظاء والعين والغين. أما الاحتكاكيات المهموسة فهي الثاء والحاء والخاء والسين والشين والصاد والفاء والهاء. ولا يسلم هذا التصنيف من خلاف في بعض التفاصيل. وإذا اعتبرنا اختلاف اللهجات فإن الصورة تتغير تغيراً كبيراً.

(٧) الاحتباسيات المجهورة في العربية هي الباء والدال والضاد. أما الاحتباسيات المهموسة فهي الهمزة والتاء والطاء والقاف والكاف. ويقال هنا أيضاً ما قيل من قبل، وهو أن صورة التصنيف تتغير كثيراً إذا اعتبرنا اختلاف اللهجات.

(٨) انظر التعليقة رقم (٢٠) من القسم الأول.

(٩) يعني المؤلف بمعالجة ترددات النغمة الحنجرية في شكل تجميعي ما يسمى بالحزم الترددية المائزة. وقد أفرد لعلاجها الفصل السابع عشر من هذا الكتاب.

(١٠) حاول العلماء منذ القرن التاسع عشر تفسير العملية التي تقوم بها أذن الإنسان لتحلل الصوت المركب إلى النغمات التي تدخل في تكوينه. ويمكن تلخيص أشهر هذه النظريات فيما يلي:

(أ) قانون أوم الأكوستيكي Ohm's acoustical law

يفترض العالم الألماني G, S. Ohm - الذي عاش في القرن التاسع عشر - أن السمع يقوم بتحليل أي صوت مركب يشتمل على نغمات نقية إلى الترددات الداخلة في تكوينه. ويرى أننا قادرون على إدراك كل نغمة من هذه النغمات على حدة، ولكننا - عادة - لا نلقى بالا لهذا الأمر عند سماعنا للأصوات. أما - السامع المدرب فيمكنه إلى حد ما - في رأي أوم - أن يقوم باكتشاف النغمات التوافقية في أي صوت مركب.

(ب) نظرية الرنين Resonance Theory

عرفت هذه النظرية في النصف الأخير من القرن التاسع عشر، وارتبطت باسم العالم الألماني هيرمان فون هيلمهولتز Herman Von Helmholts وكانت هذه النظرية ثمرة للتقدم الذي أحرزه عصر هيلمهولتز في صناعة

الميكروسكوبات؛ إذ أمكن لعلماء التشريح بفضلها تكوين فكرة دقيقة نوعاً ما عن تركيب الأذن الداخلية. ويفترض هيلمهولتز - بناء على ذلك - أن الغشاء القاعدي *basilar membrane* يتكون من عدد كبير من الألياف التي تمتد عبر القوقعة كأوتار البيانو. والمفروض أن كل ليفة من هذه الألياف تستجيب بالرنين لتردد معين. ويتحدد هذا التردد تبعاً لدرجة توتر الليفة ووزنها. وتتحرك الليفة تبعاً لحركة السائل الموجود بالقوقعة. ويفترض أيضاً أن كل ليفة تتصل بالمخ بواسطة عصب مستقل ينقل إليه استجابة الليفة للمثير. وتتفق النغمات المدركة - مع الترددات التي استجابت لها الألياف بالرنين.

(جـ) نظرية الهاتف Telephone Theory

شاع بين العلماء في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل العشرين أن الجهاز العصبي يقوم بتحويل المدركات إلى المخ في هيئة شحنات كهربية إلى المخ على نحو يشبه إلى حد كبير الطريقة التي يحول بها مكبر الصوت أو التليفون الصوت إلى إشارات كهربية.

(د) نظرية المكان Place Theory

تعد هذه النظرية أحدث نظرية تجد قبولاً بين العلماء في مجال تفسير السماع؛ ولا تزال هذه النظرية تركز - مثل نظرية الرنين - على قدرة الأذن الداخلية على تحليل الترددات التي تشتمل عليها الموجة الصوتية وإن كانت تختلف اختلافاً أساسياً عن الفرض الذي قدمه هيلمهولتز. وتقول هذه النظرية بأن استجابة الأذن يحددها مكان أقصى حركة للسائل العصبي على طول المسافة التي يشغلها الغشاء القاعدي. وتحدث هذه الحركة في السائل نتيجة ضغط الركاب على النافذة البيضاوية *oval window* التي تفصل الأذن الداخلية عن الأذن الوسطى، فتضغط هذه النافذة بدورها على السائل الموجود بالقوقعة.

هذه هي أهم النظريات وأشهرها. وفي هذا الموضوع تفصيل ليس هنا مكانه. ويمكن الرجوع إلى:

1) Hayes A. Newby; "***Audiology: Principles and Practice***," New york, 1985, pp. 28 - 30.

2) Peter B. Denes and Elliot N. Pinson; "***The Speech Chain***," pp. 141 - 148.

وإلى كتاب «دراسة السمع والكلام» للمترجم ص ص ٢٨٠ – ٢٨٤.

(١١) يرى المؤلف أن ثمة حدوداً نطقية وأكوستيكية بين الصوتيمات ولكن هذه الحدود في رأيه مرنة إلى حد ما وليست قاطعة أو صارمة. وتعد المنطقة الواقعة بين حدين منطقة يتحقق خلالها الصوتيم مادياً في صور مختلفة. وهذا ما يعنيه المؤلف بوجود حدود للسماح أو للترخُّص في الأداء ولكنها لا تمتد لتهدر الحدود المفترض وجودها بين صوتيم وصوتيم.

ونحن نجد هذه الفكرة تظهر بأشكال مختلفة عند كثير من اللسانيين، وهم يعتمدون عليها في التحليل الآني (السنكروني) للغة. كما يعتمد بعض اللسانيين أيضاً عليها في تفسير عملية التغير اللغوي. ومن أبرز أصحاب هذا الاتجاه عالم اللسانيات الفرنسي أندريه مارتينيه A. Martinet الذي يفسر التغير اللغوي بأنه حاصل الصراع بين اتجاهين متقابلين يتبادلان التأثير على اللغة: أولهما حاجة الإنسان إلى تلبية كل متطلبات عملية التواصل اللغوي، وثانيهما الاتجاه إلى الاقتصاد في الطاقة المستخدمة في النطق. ويلاحظ مارتينيه أن كل وحدة في النظام الصوتيمي للغة ما تأخذ وضعاً في علاقتها بالوحدات الأخرى. فقد يكون هناك تقارب في الخصائص السمعية والنطقية بين بعض هذه الوحدات، كما قد يكون بين بعضها تباعد في هذه الخصائص. وتأخذ فكرة حدود السماح عند بولجرام تسمية أخرى عند مارتينيه؛ إذ يرى هذا أن لكل صوتيم مجال تدرج *field of dispersion*؛ أي مجالاً لاحتمالات

التحقق النطقية الممكنة. وتوجد بين مجالات التحقق للصوتيمات المتجاورة عادة حدود آمنة. وهكذا يفسر مارتينيه عملية التغير اللغوي بتحرك الحدود بين مجالات التحقق والحدود القائمة بين الصوتيمات مما ينتج عنه في آخر الأمر اتخاذ النظام الصوتي كله شكلاً آخر.

(١٢) يطلق على الكتابة الصوتية عادة مصطلح **الكتابة الصوتية الضيقة** *narrow phonetic transcription*، وعلى الكتابة الصوتيمية مصطلح **الكتابة الصوتية الواسعة** *wide phonetic transcription*. ويثير كلام المؤلف هنا قضية جد خطيرة تتعلق باستخدام الأبجدية الصوتية الدولية في بعض ما يكتب بالعربية من بحوث. فمن الباحثين من يخلط بين هذين النوعين من الكتابة في تدوين الحدث اللغوي الواحد، ومنهم من يستخدم الرموز في الكتابة الواسعة كما لو كانت هذه الرموز تمثل قيماً مطلقة. وهذا ليس صحيحاً، فلابد أن تتحدد قيم هذه الرموز واستخدامها في الكتابة الصوتيمية على أساس تحليل صوتي يفترض وجوده سلفاً للغة أو اللهجة التي ينتمي إليها النص المدروس.

وقد وقع لي كتاب قيم عن الأبجدية الصوتية الدولية تناول فيه مؤلفاه ماهيتها وكيفية استخدامها والتدوين الصوتي للكلام المتصل، والكتابة الضيقة، وتدوين التنغيم، وما يتعلق بالكتابة الصوتية من قضايا ومشكلات مع قدر صالح من التمرينات ننصح من يريد المزيد في هذا الموضوع بالرجوع إليه. وهذا الكتاب هو:

Francis A. Cartier and Martin T. Todaro; "*The Phonetic Alphabet*", U.S.A, 1971.

وجدير بالذكر أن هذه الأبجدية تخضع للتنقيح والزيادة من قبل الجمعية الصوتية الدولية بطريقة دورية.

(١٣) يسخر المؤلف بهذه التسمية صوتيميات الصالونات *armchair phonemics* من اتجاهات التحليل الصوتيمي التي تقوم على الاعتبارات التوزيعية وحدها متجاهلة اعتبارين مهمين في نظر المؤلف هما: الحقيقة

الفيزيائية لأصوات اللغة، والأحكام التلقائية التي يبديها المتكلم باللغة حول العلاقات بين الوحدات الصوتية التي تتكون منها لغته.

وهذه الترجمة الدقيقة اللطيفة هي للدكتور محمد صالح الضالع، وقد كانت من ثمرات المناقشات العلمية الممتعة التي كثيراً ما جمعت بيننا.

(١٤) يمهد هذا الفصل لإثارة قضية العلاقات بين اختلاف أشكال تجاويف الرنين العليا أثناء النطق بالصوائت واختلاف أشكال الحزم التي تظهر في الرسم الطيفي لهذه الصوائت. وسنعود لهذه القضية بشيء من التفصيل (انظر التعليقة رقم ١٠ من القسم الثالث). أما الآن فحسبنا أن نقرر وجود هذه العلاقة دون أن نتعرض بالبيان لطبيعتها.

وجدير بالذكر أن ليسكر قد انتقد في مقاله - الذي أسلفنا الإشارة إليه - عدم اعتماد مؤلف هذا الكتاب على الصور الملتقطة بأشعة X لتحديد شكل تجاويف الرنين بالرغم من إقراره بأهميتها (انظر ص ١١٥ من هذا الكتاب).

كما انتقد أيضاً الشكل «١٥»؛ إذ قد يستنتج من الشكل أن تجويف الحلق يتخذ شكلاً واحداً مع الصوائت الثلاثة جميعاً، على حين أن الصور الملتقطة بأشعة X تظهر ضيقاً واضحاً في هذا التجويف عند النطق بالصائت [a].

القسم الثالث

الصوتيات الطيفية

(١) يقول المؤلف إن وجود خط منحن أو صاعد أو هابط على الرسم الطيفي لا يعني أن القلم قد غير مساره تبعاً لانحناء الخط أو صعوده أو هبوطه؛ فالقلم لا يملك ذلك ولا يستطيعه، بل يسير في مساره الحلزوني الصاعد. وإنما يتكون هذا الخط نتيجة نقط أو خطوط صغيرة تنفذ إلى القلم

في كل جولة بحسب كمية القوة التي توجد في تكوين الصوت ويسمح المرشح بتمريرها في لحظة معينة. وهذا هو ما يعنيه المؤلف «بالخداع البصري»؛ إذ إن تَكَوُّن الخط الصاعد أو الهابط أو المنحني يوهم الناظر إلى الرسم بأن القلم يتحرك صعوداً وهبوطاً، وهذا مالا أساس له من الصحة كما بينا.

(٢) تصل المدة الزمنية التي يمكن تحليلها على المطياف التجاري Kay Sonograph إلى ٢,٤ثانية. أما المطياف ذو الثماني والأربعين قناة فيمكن أن يمتد زمن الحدث اللغوي المراد تحليله إلى نصف ساعة (انظر ص ٢٢٤ من هذا الكتاب).

(٣) قسائم اتساعات الذبذبات التي تقدمها الصورة السفلى من الشكل ١٩ هي لقطات تبين العلاقة بين الزمن والقوة في الأجزاء التي نختارها من الحدث اللغوي، وهو ما يسمى **التكوين الطيفي للصوت** *spectrum*. (انظر ص ٦٧ - ٦٨ من هذا الكتاب). ويراد بالتكوين الطيفي للصوت رسم يبين الاتساعات النسبية للترددات الداخلة في تكوين الموجة الصوتية. وأي موجة صوتية متكررة تتكون من عدد محدود من المكونات، ويمكن تمثيل هذا العدد المحدود من المكونات على الرسم بمجموعة من الخطوط تختلف أطوالها تبعاً لاختلاف اتساعات الذبذبات في الترددات المختلفة. ويعرف التكوين الطيفي الذي يتكون من عدد محدود من مثل هذه المكونات **بالطيف الخطي** *line spectrum* ويسمى الخط الذي يصل بين الخطوط الفردية بمنحنى الرنين *resonance curve*. انظر: **دراسة السمع والكلام**، ص ص ٥١ - ٥٢.

(٤) أخذ ليسكر على المؤلف أنه أورد في الجزء الأخير من هذا الكتاب وصفاً تفصيلياً لنوع من هذه الأجهزة قام بتركيبه جوردون بيترسون في جامعة متشجن، وأنه لم يبذل العناية نفسها في وصف الجهاز المصنع والمتاح تجارياً وهو Kay Sonograph. وعلى أي حال فالوصف التركيبي الفني للجهاز لم يشغل المؤلف وإنما شغلته النظرية العامة وطريقة العمل وقراءة الرسم الطيفي.

وما ذكره المؤلف هنا ينطبق على جميع أنواع أجهزة الرسم الطيفي بما في ذلك الجهاز التجاري الذي تقتنيه معظم المختبرات الصوتية. ومن هنا كان لزوم هذه المقدمة لفهم طبيعة الجهاز وطبيعة العمل عليه.

(٥) توضيحاً لهذا النص أقول: إن جولة القلم على هذا الفرض تغطى ١٨ ذ/ث. وأنها جولة حلزونية متصلة. ولو أن القلم سار في خط مستقيم وليس حلزونياً بحيث بدأ من الصفر للزمه أن ينهي الجولة الأولى عند الصفر أيضاً، ثم يقفز لكي يبدأ الجولة التالية وينهيها أيضاً عند ١٨ ذ/ث، ثم يقفز ليبدأ الجولة وينهيها أيضاً عند ٣٦ ذ/ث وبذلك يكون المجال الترشيحي له طوال الجولة الثانية ١٨ - ٩ = ١١ و ١٨ + ٩ = ٢٧ ذ/ث أي أن الترددات الواقعة ما بين الصفر و١١ذ/ث تمر دون أن يدونها القلم مهما تكن قوتها أما حلزونية الجولات فتضمن لنا أن يكون التدوين تاماً ومتواصلاً؛ إذ تبدأ الجولة الأولى من الصفر وتنتهي عند ١٨ ذ/ث وتبدأ الجولة الثانية في نقطة نهاية الأولى ١٨ ذ/ث وتنتهي عن ٣٦ ذ/ث حيث تبدأ الثالثة... وهكذا.

(٦) عبارة المؤلف هي: «وإذا كان التردد ٩٠٠ ذ/ث ذروة موجة مضمحلة أصبح محتملاً في هذه الحال وجود تردد ثانوي عند ٩٠٠ ذ/ث» وهو خطأ مطبعي واضح صوابه الذي أثبتناه وهو: «عند ٩٠٩ ذ/ث».

(٧) تؤكد هذه العبارة الدور المباشر والفعال للباحث التجريبي في إجراء تجاربه، واستنباط النتائج منها. ويتضح من ذلك خطأ إجراء التجارب الصوتية بالمراسلة وهو ما اعتمدته بعض الرسائل الجامعية في بعض الجامعات العربية، كما يتضح خطر الاعتماد على قراءة باحث لا خبرة له بأهمية البعد الثقافي في تجزيء الكم الفيزيائي المتصل إلى صوتيمات مُتحيِّزة للرسم الذي ينتجه جهاز المطياف. وتأتي احتمالات الخطأ والخطر في هذا المجال من سببين؛ **الأول**: أن من الضروري أن يقوم الباحث بنفسه بعد تحديد المشكلة

التي يريد علاجها بضبط حساسية الجهاز للقوة وضبط علو التسجيل. ويتم ذلك بإجراء مجموعة من التجارب الأولية يتحدد في ضوئها أنسب ضبط ممكن للجهاز. والثاني: أن حل الشفرة التي يعطيها الجهاز يستلزم المعرفة بالشفرة اللغوية أي بالنظام الصوتي الأساسي للغة التي تنتمي إليها المادة المراد تحليلها. وإلا فاحتمال الوصول إلى نتائج غير صائبة يكون جد وارد.

(٨) توضيحاً لهذه الفقرة من كلام المؤلف نقول: إنك إذا تطلعت إلى الشكل «٢٦ C» فستلاحظ ما يأتي:

أولاً : أن النغمات الثلاث 1, 2, 3 تتمتع جميعها بقوة واحدة.

ثانياً: أن أجزاء المنحنيات التي تتميز بخطوط قصيرة قاطعة في الرسم هي وحدها التي سيقوم المرشح بتجميعها وتدوينها لوقوعها عند نقطتي منتصف القوة أو داخل حدودهما. أما ما يقع خارج نقطتي منتصف القوة فلن يتم تجميعه أو تدوينه.

ثالثاً: بمقارنة مجموع الترددات التي يتم تجميعها من النغمات الثلاث نجد عند تساوي العلو أنه كلما زاد تسطح البروفيل كان عدد الترددات التي يتم تجميعها أكثر؛ ومن ثم يكون تدوين النغمة أكثر سواداً.

ويتضح مما سبق أن زيادة درجة السواد قد تنشأ من زيادة علو نغمة على أخرى، أو من زيادة تسطح البروفيل (حيث يتم تجميع عدد أكبر من الترددات) أو من هذين العاملين معاً.

(٩) يتفق علماء الأصوات بوجه عام على أن التحليل اللساني الطيفي للصوائت يمكن أن يتحقق بدرجة طيبة من الدقة إذا اعتمد على ثلاث ذرى للقوة؛ أي ثلاث حزم باستثناء الحزمة صفر F_0 التي تمثل تردد نغمة الأساس في النغمة الحنجرية. انظر:

a) G. Fant; "***Formants and Cavities***", PICPS, I, p. 122.

b) E. F. Jorgensen, "***What Can the New Techniques of Acoustic Phonetics Contribute to Linguistics***", PICL VII,

(١٠) يرى ديلاتر P. Delattre أن منشأ الخلاف حول هذه النقطة يرجع إلى أن تجاويف الترشيح جد معقدة حتى إنها لتستعصي على أي قياسات رياضية. غير أن انعدام إمكانية القياس الرياضي للتجاويف لا ينبغي أن يثبط عالم الأصوات. صحيح أننا لا نستطيع أن نقرر ما إذا كان تجويف بعينه مسؤولاً عن حزمة بعينها، ولكن هذا الأمر ضئيل الأهمية بالنسبة للباحث: وما يهمنا حقاً هو العلاقة بين كل حزمة من الحزم ووضع أعضاء النطق أو حركة هذه الأعضاء.

ويرى مارتن جوس - صاحب أول كتاب ظهر في هذا المجال (انظر: التعليقة رقم ١ من تعاليق المقدمة) - أن غرفة الرنين الحلقية مرتبطة بشكل الحزمة الأولى وبدرجة ارتفاع اللسان. أما غرفة الرنين الفموية فمرتبطة بالحزمة الثانية التي يحددها مكان اللسان أماماً أو خلفاً.

ويرى جوس أن تردد الحزمة الأولى في نظره يزيد بانخفاض درجة ارتفاع اللسان، وينخفض تردد الحزمة الثانية بزيادة الخلفية والعكس صحيح. ويعزو مارتن جوس الحزمة الثالثة إلى وجود غرفة رنين جانبية أو لعدم الانتظام في غرفة الرنين (انظر: Acoustic Phonetics, pp .57 , 69).

أما ديلاتر فقد أثبتت تجارية ملاحظات أوردها على فرضيات مارتن جوس وهذه وهي :

أولاً : وجود علاقة مباشرة بين ارتفاع تردد الحزمة الأولى ومدى الانفتاح الكلي لجهاز النطق؛ فكلما زاد ترددها كانت درجة الانفتاح أكبر. والعكس صحيح.

ثانياً : وجود علاقة مباشرة بين مدى استدارة الشفتين وحركة اللسان إلى الخلف من ناحية، وبين انخفاض تردد الحزمة الثانية من ناحية أخرى؛ فكلما زادت استدارة الشفتين أو زاد تراجع اللسان إلى الخلف - أي

كلما طال التجويف الأمامي - انخفض تردد الحزمة الثانية؛ والعكس صحيح.

ثالثاً: وجود علاقة مباشرة بين الحزمة الثالثة والأنفية وذلك على النحو الآتي:

(أ) زيادة تردد الحزمة الثالثة نتيجة مباشرة لخفض سقف الحنك اللين.

(ب) ينشأ عن انخفاض سقف الحنك اللين وجود ترددات إضافية وألوان من الرنين تميز خاصية «الأنفية» في النطق.

(جـ) أن الحزمة الثالثة - بالإضافة إلى ما سبق - مسؤولة عند مقارنتها بالحزمة الثانية عن تمييز لون الصائت.

(١١) جدير بالذكر أن أستاذي الدكتور عبدالرحمن أيوب - فيما أعلم - هو أول من ترجم المصطلح *formant* إلى «حزمة تكوينية». وقد آثرنا ترجمتها إلى الحزم الترددية المائزة، ثم اختصاراً إلى الحزم.

القسم الرابع

الصوتيمات الطيفية

(١) النبر *stress* هو مجهود أكبر يبذل في نطق جزء من أجزاء الحدث اللغوي إذا ما قورن بنطق الأجزاء الأخرى، وبذلك يعطى هذا الجزء بروزاً أكبر في السمع. ويصاحب المقطع المنبور قوة أكبر في خفقة الصدر *chest pulse* وتتحقق هذه القوة نتيجة استخدام طاقة فوق العادة. وتميز الدراسات الصوتولوجية بين نوعين من النبر: أولهما نبر الجملة: وفيه يقع النبر على الكلمة المراد إبرازها كما في قولك: «محمداً قابلت»؛ إذ يتميز النطق بهذه الجملة عادة بإبراز كلمة «محمداً» لبيان إرادة التخصيص أو الاهتمام. وثاني نوعي النبر نبر الكلمة: حيث يصير النبر جزءاً من البنية الصوتيمية للكلمة، ويقع في كلمة «قابلت» على المقطع «بَلْ» (انظر عن قواعد النبر في العربية: إبراهيم أنيس، الأصوات اللغوية، القاهرة، ١٩٦١، ص ١٩٣ - ١٩٤).

وقد أثبتت بعض التجارب المعملية أن النبر يرتبط عادة بالطول النسبي لزمن الصائت؛ فالصوائت القصار المنبورة تستغرق مدة أطول نسبياً من نظائرها غير المنبورة، وكذلك الأمر في الطوال.

(٢) Mandarine Chainese أكثر لغات الصين انتشاراً؛ وهي تنتشر في شمالي الصين وشرقيها، ويصل عدد المتكلمين بها إلى خمسمائة مليون.

(٣) لو أن متكلماً هبط بمنطقة النطق بالصائت /æ/ في الكلمة bat أو صعد بمنطقة النطق بالصائت / ɛ / في الكلمة bet فإنه قد يصل بالصائتين إلى نطق يتم فيه تحييد التقابل الصوتيمي بينهما (وقد أشار المؤلف لهذا النطق بالرموز [b س t])، وحينئذ قد يقوم السياق بتحديد المراد. ومن أمثلة ذلك الجملة [b س t] The Pitcher was at لاعب الكريكيت «كان متأهباً للضربة» ففيها لا مفر من إدراك [b س t] على أنها bat. أما الجملة: "He raised his [b س t]" فتحتمل أن يكون معناها «إنه رفع المضرب» أو «إنه رفع قيمة الرهان» وعلى ذلك يكون النطق [b س t] محتملاً لأن يفسر على أنه bet أو bat.

(٤) يشير المؤلف بالرمز [س] إلى الصوت الذي يتحقق به صوتيمان مختلفان من صوتيمات الصوائت.

(٥) **الاندماج الصوتيمي** *phonemic merger* هو أحد العمليات ذات الأثر الكبير في عملية التغير اللغوي. ويتحقق الاندماج الصوتيمي نتيجة تحييد التقابل الصوتيمي بين صوتيمين. ومن أمثلته في العربية الاندماج الصوتيمي بين القاف والهمزة في عامية القاهرة. ومن بين ثمراته في اللغة تولد المشترك اللفظي والتورية.

(٦) انظر التعليقة رقم (١١) من تعاليق القسم الثاني.

(٧) [x] رمز لصوت احتكاكي مهموس مخرجه من الحنك اللين (انظر التعليقة رقم (١٠) من القسم الأول).

(٨) هذه المقولة لا تصلح مثالاً بالنسبة للمستمع العربي؛ فمسافة $\frac{١}{٤}$ تون هي من خصائص الموسيقى الشرقية وهي من الفوارق الأساسية بينها وبين الموسيقى الغربية.

(٩) حظيت مقولة «بذل أقل جهد في عملية النطق» باهتمام كبير لدى بعض اللسانيين من أمثال هويتني Whiteny ومارتينيه Martainet وزيف G,K, Zipf. وقد بذل الأخير جهوداً كبيرة لإثبات هذا القانون إحصائياً، وعده المعيار الذي يقف وراء عملية التغير اللغوي. وتوصل زيف إلى نتائج مهمة منها:

(أ) أن تعقد الأصوات من حيث نطقها يتناسب مع شيوعها في الكلمات تناسباً عكسياً.

(ب) أن نسبة شيوع الكلمة في اللغة تتناسب مع طولها تناسباً عكسياً.

(جـ) أن النسبة المئوية لشيوع الأصوات في نص طويل يمكن أن يمثل النسبة العامة في اللغة مع اختلافات يسيرة.

انظر: اتجاهات البحث اللساني، «ميلكا ايفتش/ ترجمة: سعد مصلوح ووفاء كامل، ص ص ٤٠٦ - ٤٠٩.

(١٠) ينبغي أن يفهم وصف الحداثة في قول المؤلف «إن النظرية الصوتيمية الحديثة...» مقيداً بزمن تأليف الكتاب؛ فمفهوم الحداثة نسبي بطبيعة الحال.

(١١) تتصل هذه التقابلات بمبحث السمات الفارقة *distinctive features* في نظريات الدراسة الصوتولوجية. وقد قامت هذه الخصائص في أعمال دارسي الصوتولوجيا في الخمسينيات وخاصة في أعمال جاكوبسن وهيل Halle على معايير أكوستيكية يمكن تتبعها في الرسم الطيفي على ما بيّنه المؤلف (انظر ص ١٩٦-١٩٧ من هذا الكتاب). أما في الصوتولوجيا التوليدية

فقد دخل مبحث السمات الفارقة على يد تشومسكي وهيل في طور جديد يختلف عما كان عليه عند تروبتسكوى أوجاكوبسون.

(١٢) يقصد **بالثنائيات الصغرى** *minimal pairs or mininal contrasts* أقل تقابل ممكن تسمح به بنية اللغة، وينتج عنه اختلاف في المعنى المعجمي. انظر أمثلة لذلك في قائمة الصوتيمات العربية (التعليقة ١٤ من تعاليق القسم الأول).

(١٣) مرة أخرى يؤكد المؤلف بأوضح عبارة أن المطياف يمثل واقعاً موضوعياً. ولكن هذه الحقيقة لا تحمي الناظر إليه من أن يسيء رؤيته، ومن هنا يتأكد مرة أخرى أن للباحث دوراً أساسياً تتوقف عليه صحة إجراء التجربة وصحة استنباط النتائج منها (انظر التعليقة رقم ٧ من تعاليق القسم الثالث).

(١٤) أثبتت دراسة تجريبية أن من أهم وسائل التعرف إلى الأصوات الرنانة مما سوى الصوائت وتمييزها طيفياً تغير الجزء الثابت من الصائت اللاحق من حيث المُدَّة والشدة والتردد؛ انظر:

L. Lisker "***Minimal Cues for Separating /w, r, l, y/ in Intervocalic Positions***"

(١٥) تقابل **الأصوات الانطلاقية** *continuants* **الأصوات الوقفية**. وفي النوع الأول يستمر الهواء أثناء النطق في انطلاقه ليعبر التضييق أو الاعتراض إلى الخارج. أما في النوع الثاني فيحتجز الهواء ويتوقف تماماً خلف العائق. وتختلف الصورة الطيفية لكل منها عن الآخر اختلافاً بيّنا؛ ففي الوقفيات ينعدم أثر القلم انعداماً تاماً فيظهر الصوت على هيئة فراغ. أما في النوع الثاني فينشط القلم في تدوينه ألواناً من النشاط تختلف من صوت انطلاقي إلى آخر.

(١٦) يسمى هذا النوع من الانزلاق أيضاً **انزلاق البداية** *initial glide* ويقصد به تحرك أعضاء النطق من وضع النطق بصوت ما أو من وضع محايد

مباشرة إلى وضع النطق بصوت لغوي آخر. أما **انزلاق النهاية** ***final glide*** **فهو** تحرك أعضاء النطق بعد إصدار صوت لغوي ما إلى وضع المشاركة في إصدار الصوت التالي أو وضع الرجوع مرة أخرى إلى حالة الحياد.

(١٧) استطاعت بعض الدراسات التجريبية أن تصل إلى عدد من المفاتيح حول تمييز الصور الطيفية للأصوات الاحتباسية. ومن بين هذه المفاتيح:

(أ) المدة التي تستغرقها الحزم الانتقالية من الصوت الاحتباسي وإليه.
(ب) الترددات التي تتكون منها الحزم الانتقالية.
(جـ) اتصال الحزم الانتقالية بالحزمة الثانية في الصائت السابق أو اللاحق.
(د) موضع الانفجار أو النفس التالي للصوت الاحتباسي.
(هـ) طريقة اتصال الانفجار بحزم الصائت اللاحق.

راجع في ذلك:

C. D. Schatz "***The Role of Context in the Perception of Stops***" Language, vol. 30, No. 1, 1954, pp. 44 - 56.

(١٨) يشيع هذا النوع من **الإدغام أو المماثلة** *assimilation* في اللغة العربية ولهجاتها. (انظر أمثلة لذلك في: إبراهيم أنيس، **الأصوات اللغوية** ط٣، ص١٣٤ وما بعدها).

(١٩) يقصد **بمقطع ما بعد النبر** *post - tonic syllable* المقطع الذي يقع مباشرة بعد النبر الأساسي. وذلك مثل المقطع «مك» من كلمة «احترامك».

(٢٠) يقصد **بالمصطلح** *syncope* سقوط صوت أو مجموعة أصوات، (أو سقوط حرف أو مجموعة حروف) من وسط الكلمة. ومن أمثلة ذلك في العربية سقوط صوت العين، وسقوط الرمز الهجائي الخاص به أيضاً من الأعداد المركبة في عامية أهل مصر (اتناشر بدلاً من اثنا عشر).

(٢١) من السهل على أي متكلم - كما قرر المؤلف - أن يقسم أي حدث لغوي في لغته إلى مجموعة من المقاطع، وذلك على الرغم من افتقادنا لتعريف واحد شامل لكل المظاهر التي يتحدد بها المقطع. ويمكن أن يعرف المقطع بطرق مختلفة، إذ يمكن القول بأنه نطق يحدث خلال خفقة واحدة من خفقات الصدر. وبهذا المعنى يكون المقطع أقل حدث منطوق فلابد أن يشتمل النطق على خفقة واحدة من خفقات الصدر على الأقل مهما يكن النطق الذي يؤديه المتكلم قصيراً. أما الصوتيات السمعية فيعرف المقطع فيها بأنه قطاع نطقي يشتمل على ذروة هي أعلى الأصوات إسماعاً تقع ما بين تركيبين من الأصوات يتميزان بقلة الوضوح السمعي نسبياً.

انظر في نظرية المقطع: دراسة السمع والكلام، ص ص ٢٢٧ - ٢٣٤.

(٢٢) تستخدم هذه الرسوم التخطيطية التي تصنع يدوياً ليزود بها جهاز قراءة الرسم الطيفي *pattern play back* الذي يُحوِّل الرسم إلى صوت. ويمكننا بهذه الطريقة التعرف إلى أهم المكونات في أي صوت. وتعد مثل هذه التجارب من الأسس التي يقوم عليها تصنيع الكلام.

(٢٣) يرجع إلى أستاذي الدكتور عبدالرحمن أيوب الفضل في ترجمة المصطلح الخاص بهذا الجهاز. وقد أخذنا بهذه الترجمة حيثما عرض لنا هذا المصطلح في الكتاب.

(٢٤) في مقارنة بين المطياف ذي القنوات الثماني والأربعين المُصنَّع والمطياف التجاري ذكر المؤلف أن لكل من هذين النوعين عيوبه ومزاياه.

ومن خلال خبرة شخصية بالعمل على كلا النوعين يمكن أن أُلخِّص مزايا المطياف ذي القنوات الثماني والأربعين في أنه يعطي إمكاناً لتحليل عينة من الكلام تستغرق وقتاً أطول نسبياً؛ وهذا ما نحتاجه لدراسة الإيقاع الشعري على سبيل المثال. على حين أن المطياف التجاري المعتاد محدود الإمكانات في هذا الصدد بحجم الأسطوانة في الجهاز (انظر الشكل ٢٠).

غير أن المطياف التجاري ينفرد بأن إجراء القياسات الكمية على الرسم الطيفي الذي ينتجه أيسر من إجرائها على شريط التصوير الذي ينتجه المطياف ذو القنوات الثماني والأربعين.

غير أن استخدام الحاسوب قد قفز بتقنيات التحليل الطيفي قفزة كبيرة، إذ تولت برامج الحاسوب قد قفز تقديم الحسابات التي تجري على الكم الفيزيائي المراد تحليله جاهزة للباحث على يد فنيي المختبرات.

غير أن هذا الإنجاز التقني العظيم لم يَخْلُ عن مظاهر سلبية؛ إذ أفضى هذا التقدم ببعض الباحثين إلى الكسل والهوينا، وشجع غير أهل المجال على الاستعانة المظهرية بالمختبرات وإضفاء الموضوعية والعصرية الزائفتين على كثير مما هو غالط.

انظر مقالاً لنا بعنوان: «**المصطلح اللساني وتحديث العروض العربي**»، مجلة فصول، المجلد ٦، ع ٤، سبتمبر ١٩٨٦.



مسرد المراجع المختارة

(لمعرفة دلالة الاختصارات انظر نهاية المسرد)

L.L. Beranek, *Acoustic measurements* (New York, 1949).

C. Cherry, *On human communication* (London, 1956).

C. Chiba and M. Kajiyama, *The vowel, its nature and structure* (Tokyo, 1941).

F. S.Cooper, "Some experiments on the perception of synthetic speech sounds," *JASA* 24, 596 - 606 (1952).

P. Delatter, "The physiolological interpetation of sound spectrograms," *PMLA* 66 864 - 875 (1951).

__, A.M. Liberman, and F.S. Cooper, "Acoustic loci and transitional cues for consonants," *JASA* 27, 769 - 773 (1955).

__, __, and __, "Speech synthesis as a research technique," *PICL* VII, (London, 1952).

__, __, and __, "Voyelles synthéthiques à deux formantes et voyelles cardinales," *MPh* 96, 30 - 56 (1951).

__, __, __, and L. J. Gerstman. :An acoustical study of the acoustic determinants of vowel color," *Word* 8. 195 - 210 (1952).

P. Diderichsen, "The importance of distribution versus other criteria in linguistic analysis," *PICL* VIII (Oslo, 1957).

H.W. Dudley, "Fundamentals of speech synthesis" *BTS Monograph* 2648 (1956).

H. K. Dunn, "The calculation of vowel resonaces and an electrical vocal tract," *JASA* 22. 740 - 953 (1950).

C.G.M. Fant, "Modern instruments and methods for acoustic studies of speech," *Royal [Swedish] Institute of Technology, Speech Transmission Laboratory, Report No. 8 (1959).*

__, "Speech communication research," *IVA* 24, 331 - 337 (1957).

__, "Transmission properties of the vocal tract with application to the acoustic specification of phonemes", *Acoustics Laboratory. M.I.T.,* Techn. Report No. 12 (1952).

__, *Acoustic theory of speech production* (The Hague, in press).

E. Fischer - Jorgensen. "Acoustic analysis of stop consonants," *Miph* 2, 42 - 59 (1954).

__, "What can the new tehniques of acoustic phonetics contribute to linguistics?," *PICL* VIII (Oslo, 1957).

J.L. Flanagan "Automatic extraction of formant frequencies from continuos speech," *JASA* 28, 110 - 117 (1956).

H. Fletcher, *Speech and hearing* (New York, 1953).

D. B. Fry, "Duration and intensity as physical correlates to stress." *JASA* 27, 765 - 768 (1955).

__, "Perception and recognition in speech, *FRJ* 169 - 173.

M.C. Green, *The voise and its disorders* (New York, 1957).

M. Halle, "In defence of the number Two," *SJWh* 65 - 72.

__, "The strategy of phonemics" *Word* 10. 197 - 209 (1954).

__, G. W. Hughes, and J. - P.A. Radley. "Acoustic properties of stop consonants," *JASA* 29, 107 - 116 (1957).

E. Haugen, "The syllable in linguistic description," *FRJ* 213 - 221.

R. - M. S. Heffner, *General phonetics* (Madison, 1950).

C. F. Hockett, A *manual of phonology* (Baltimore, 1955).

C. W. Hughes and M. Halle, "Spectral properties of fricative consonants," *JASA* 28. 303 - 310 (1956).

W. Jackson, ed., *Communication theory* (London. 1953).

R. Jakobson and M. Halle. *Fundamentals of language* (The Hague, 1956).

__, C. G. M. Fant, and M. Halle, "Preliminaries to speech analysis", *Acoustics Laboratory*, M.I.T., Techn. Report No. 13 (1952).

L. G. Jones, "Preliminary phonetic segmentation," *SJWh* 117 - 119.

M. Joos, "Acoustic phonetics," *Language Monograph* No. 23 (1948).

__, ed., *Readings in linguistics* (Washington, 1957).

L. Kaiser, ed., *Manual of phnetics* (Amsterdam, 1957).

H. Kurath, "The binary interpretation of English vowels: a critique," *Language* 33, 11 - 122 (1957).

P. Ladefoged, "The classificantion of vowels," *Lingua* 5. 113 (1956).

__, and D.E. Broadbent, "Information conveyed by vowels," *JASA* 29, 98 - 104 (1957).

I. Lehiste and G.E. Peterson, "Vowel amplitudes and lingnistic stress in American English," *JASA* 31. 1959 (in press).

D. Lewis, "Vocal resonance," *JASA* 8, 91 (1936).

A.M. Liberman, "Some results of research on speech perception," *JASA* 29. 117 - 123 (1957).

J.C.R. Licklider and C.A. Miller, "The perception of speech," *Handbook of experimental psychology*, ed. S.S. Stevens (New York, 1951), 1040 - 1074.

L. Lisker, "Linguistic segments, acoustic segments, and synthetic speech," *Language* 33, 370 - 374 (1957).

J. Lotz, "The structure of human speech," *Transactions of the New York Academy of Sciences,* Ser. II, 16, 373 - 384 (1954).

A. Malécot, "Acoustic cues for nasal consonants," *Language* 32, 274 - 284 (1956).

P. Menzerath, and A. de Lacerda, *Koartikulation, Steuerung und Lautabgrenzung* (Berlin - Bonn, 1933).

W. Meyer - Eppler, "Die Spektralanalyse der Sprache" *ZPh*, 4, 241 - 252, 328 - 364 (1950).

G. A. Miller, "The perception of speech," *FRJ* 353 - 359.

—, *Language and communication* (New York, 1951).

—, G.A. Heise, and W. Lichten, "The intelligibility of speech as a function of the context of the text materials," *JEP* 41. 329 - 335 (1951).

R.L. Miller, "Auditory tests with synthetic vowels," *JASA* 25, 114 - 121 (1953).

G. Panconcelli - Calzia *Die experimentelle Phonetik in ihrer Anwendung auf die Sprachwissenschaft* (Berlin, 1924).\

G.E. Peterson, "Design of visible speech devices," *JASA* 26, 406 - 413 (1954).

—, "The discrete and the continuous in the symbolization of language", *SJWh* 209 - 218.

—, "Fundamental problems in speech analysis and synthesis," PICL VIII (Oslo, 1957).

—, "The information bearing elements of speech," *JASA* 24, 629 - 637 (1952).

—, "The phonetic value of vowels," *Language* 27, 541 - 553 (1951).

—, "Phonetics, phonemics, and pronunciaton: spectrographic analysis," *Georgetown University Monograph Series on Languages and Linguistics*, No. 6, ed. E. Pulgram (1954), 7 - 18.

__, "The spectrographic analysis of speech," *Georgetown University Monograph Series on Languages and Linguistics*, No.7, ed. H. Mueller (1954), 62 - 83.

K.L. Pike, *Phonemics* (Ann Arbor, 1947).

__, *Phonetics* (Ann Arbor, 1943).

R. K. Potter, A.C. Kopp, and H.C. Green, *Visible speech* (New York, 1947).

__, and J.C. Steinberg, "Toward the specification of speech," *JASA* 22, 807 - 820 (1950).

E. Pulgram, "Phoneme and grapheme: a parallel," *Word* 7, 15 - 20 (1951).

G. Rosen, K. N. Stevens, and J.M. Heinz, "Dynamic analog of the vocal tract," JASA 28. 767 (A) (1956).

L. O. Schott, "A playback for visible speech," *BTS Lab. Rec.* 26. 333 - 339 (1948).

G.R. Springer, "Language and music: parallels and divergencies," *FRJ* 504 - 513.

J.C. Steinberg, "Application of sound measuring instrments to the study of phonetic problems," *JASA* 6, 16 - 24 (1934).

R.H. Stetson, *Motor phonetics* (Amsterdam, 1951).

K.N. Stevens. and A.S. House, "Studies of formant transitions using a vocal tract analog," *JASA* 28, 578 - 585 (1956).

__, and __, "Development of quantitative description of vowel articulation," *JASA* 27, 484 - 493 (1955).

__, S. Kasowski, and C.G.M. Fant, "An electrical analog of the vocal tract," JASA 25, 734 - 742 (1953).

S.S Stevens, *Handbook of experimental psychology* (New York, 1951).

__, and H. Davis, *Hearing* (New York, 1947).

C. Stumpf, *Die Sprachlaute* (Berlin, 1926).

F. Trendelenburg, *Einführung in die Akustik* (Berlin, 1950).

E.S. Weibel, "Vowel synthesis by means of resonant circuits," *JASA* 22, 858 - 865 (1955).

W. S. - Y. Wang and G. E. Peterson, "Segmenent inventory for speech analysis," *JASA* 30, 742 - 746 (1958).

J. Wiren, and H.L. Stubbe, "Electronic binary selection system for phoneme classification," *JASA* 28, 1082 - 1091 (1956).

الاختصارات

BTS Bell Telephone System

FRJ M. Halle, H.G. Lunt, H. Mclean, and C. H. van Schooneveld, ed., *For Roman Jokobson* (The Hague, 1956).

IVA Ingeniors vetenskaps akademien och dess laboratorier

JASA Journal of the Acoustic Society of America

JEP Journal of Experimental Psychology

MPh Maitre phonétique

MiPh Miscellanea phonetica

PICL Proceedings, International Congress of Linguists

PMLA Publications, Modern Language Association of America

SJWh Ernst Pulagram, ed., *Studies... Joshua Whatmough* (The Hague, 1957).

ZPh Zeitschrift für Phonetik

أهم مراجع التعاليق

أنيس (إبراهيم):

الأصوات اللغوية، القاهرة، الأنجلو المصرية، ١٩٦١

أيوب (عبدالرحمن):

- **أصوات اللغة، القاهرة، مطبعة الكيلاني، ١٩٦٨**
- **الكلام إنتاجه وتحليله، جامعة الكويت، ١٩٨٤**

حسان (تمام):

مناهج البحث في اللغة، الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٩٠

مصلوح (سعد):

دراسة السمع والكلام، القاهرة، عالم الكتب، ٢٠٠٠

مصلوح (سعد) ووفاء كامل (مترجمان): اتجاهات البحث اللساني تأليف ميلكا ايفتش، القاهرة، المجلس الأعلى للثقافة، ٢٠٠٠

مصلوح (سعد):

دراسات نقدية في اللسانيات العربية المعاصرة، القاهرة، عالم الكتب، ١٩٨٩

Crystal, D. *A Dicvtionary of Linguistics and Phonetics*, Blackwell, 3rd ed., 1991.

Harthmann, A. R. K; and F.C. Stork *Dictionary of Language and Linguistics, London,* 1973.

مسرد المصطلحات العلمية
ومكافئاتها العربية

A

abdomen	بطن
acoustic	أكوستيكي
= input	مُدخل أكوستيكي
= output	مُخرج أكوستيكي
acoustics	أكوستيكيات
affricate	صوت مزجي (احتباسي - احتكاكي)
allophone	صوت موقعي
positional variant	انظر
alto	ألتو: [أعلى الأصوات في غناء الرجال وأضعفها في غناء النساء]
alveolar	لثوي
amplitude	اتساع الذبذبة
= sections	قسائم اتساع الذبذبة
anival	سندان
aspiration	نَفَسيّة
assimilation	إدغام
full =	إدغام تام
partial =	إدغام ناقص

B

band	حزام/ نطاق
broad =	حزام واسع
narrow =	حزام ضيق
baritone	باريتون: [طبقة في الغناء ما بين الباص والتتور]
baseline	خط الأساس/ الخط القاعدي
basso	باص: الجهر [أخفض طبقات الغناء للرجال]
blunting	تغليظ
sound =	تغليظ الصوت

C

Cathod ray	أشعة كاثود
Cavity	تجويف
nasal =	تجويف أنفي
oral =	تجويف فموي
oral - nasal =	تجويف أنفمي
supra - glottal =	تجويف ما فوق الحنجرة
clicking	طقطقة
clue	دليل
code switching	تحويل شفري
color blindness	عمى ألوان
cultural =	عمى ألوان ثقافي
physical =	عمى ألوان فيزيائي

compression	ضغط
consonant	صامت
soft =	صامت ناعم
voiced =	انظر
voiced =	صامت مجهور
soft =	انظر
voiceless =	صامت مهموس
continuant	انطلاقي
fricative =	انطلاقي احتكاكي
nasal =	انطلاقي أنفي
curve	منحنى
envelop=	منحنى غطائي
fever=	منحنى الحمَّى
psycho - acouistic =	منحنى نفسي - أكوستيكي
cycle	ذبذبة
period	انظر

D

damped	مضمحل
= filter	مرشِّح مضمحل
damping	اضمحلال
decibel	ديسيبل
	[وحدة موضوعية لقياس التناسب بين كميتين من كميات الطاقة]
dental	أسناني
diachronic	زماني

diaphragm	حجاب حاجز
distribution	توزيع
Complementary =	توزيع تكاملي
Distributionalists	مدرسة التوزيعيين «في الصوتولوجيا»
duration	مدة
dyne	دايْن [وحدة موضوعية لقياس الضغط]

E

ear	أذن
= drum	طبلة الأذن
inner =	أذن داخلية
middle =	أذن وسطى
outer =	أذن خارجية
echo	صدى
انظر: reverbration	
energy	طاقة
input =	طاقة مُدخلة
output =	طاقة مُخرجة
explosive	انفجاري
انظر plosive, stop	
extensity	استمرارية/ امتداد
extra corporal	روحاني (ما وراء الجسد)

F

falsetto	فولستُو
	[طبقة غنائية متكلفة العلو]
feedback	تغذية راجعة
filter	مرشِّح
filtering	ترشيح
formant	حزمة ترددية مائزة
transmission =	حزمة انتقالية
frequency	تردد
fricative	احتكاكي

G

glide	انزلاق
off =	انزلاق النهاية
on =	انزلاق البداية
glottal	حنجري/ مزماري
glottis	مزمار
grammar	نحو
comparative =	نحو مقارن

H

harmonic	توافقي/ موجة توافقية
= analysis	تحليل توافقي
half - power point	نقطة منتصف القوة
hissing	هسيس
= sound	صوت هسيسي

hammer	مطرقة

I

inertia	قصور ذاتي
intonation	تنغيم
= language	لغة تنغيمية
= pattern	نمط تنغيمي

K

kinesthesis	الإحساس الواعي
kymography	راسم ذبذبي كهربي

L

labial	شفوي
language	لغة
native =	لغة سليقية
nontone =	لغة غير نغمية
tone =	لغة نغمية
lateral	جانبي/ منحرف
linguistic	لساني [نسبة للعلم]
meta = property	خاصية لسانية
linguistic	لغوي [نسبة لمادة التحليل]
= code	شفرة لغوية
= property	خاصية لغوية
linguistics	لسانيات
God's Truth =	لسانيات الحق الإلهي

historical = لسانيات تاريخية

Hocus Pocus = لسانيات اللغو

loudness علو

lung رئة

M

Mandarine Chinese اللغة الصينية المشتركة

mel مِلّ

[وحدة ذاتية لقياس التناسب بين كميتين من كميات الطاقة]

melody لحن/ تنوع لحني

minimal pair ثنائية صغرى

modulator مكيف نغمات

musical scale سلم موسيقي

N

nasal أنفي

noise ضجة

O

opposition ضِد

binary = ثنائية ضدية

oscillator جسم متذبذب

variable = متنوع الذبذبة

oscillogram رسم ذبذبي

oscillograph راسم ذبذبي

oscillophone صوت كلامي ذبذبي

oscillophoneme	صوتيم ذبذبي
oscillophonemics	صوتيميات ذبذبية
oscillphonetics	صوتيات ذبذبية
oscilloscope	شاشة راسم ذبذبي

P

palate	حنك
hard =	غار/ حنك صلب
soft =	طبق/ حنك لين
palatal	غاري
medio =	غاري وسطي
post =	غاري متأخر
pre =	غاري متقدم
pattern play back	قارئ طيفي
period	دورة
cycle	انظر
phase	طَوْر
in =	متفقة الطور
out =	متخالفة الطور
phone	صوت (كلامي)
phoneme	صوتيم
phonemic	صوتيمي
= analysis	تحليل صوتيمي
= contrast	تباين صوتيمي
= deviation	انحراف صوتيمي

phonemic	صوتيمي
= merger	اندماج صوتيمي
= segmentation	تجزيء صوتيمي
= structure	بنية صوتيمية
phonemics	صوتيميات
Armchair =	صوتيميات الصالونات (تعبير ساخر)
comparative =	صوتيميات مقارنة
phonetic	صوتي
= analysis	تحليل صوتي
phonetics	صوتيات
acoustic =	صوتيات أكوستيكية
articulatory =	صوتيات نطقية
phonology	صوتولوجيا
Physicalists	مدرسة الطبيعيين (في الصوتولوجيا)
pitch	درجة (الصوت)
= contour	خط بياني (كِفافي) للدرجة
fundamental =	درجة الأساس
measurable =	درجة قابلة للقياس
plosive	انفجاري
explosive; stop	انظر
power	قوة
absolute =	قوة مطلقة
acoustic =	قوة أكوستيكية
= peak	ذروة قوة
relative =	قوة نسبية

pressure	ضغط
sound =	ضغط الصوت
profile	بروفيل/ صورة (الموجة)

Q

quality	نوعية (الصوت)

R

rarefaction	تخلخل
registration	تدوين
blackness of the =	سواد التدوين
breadth of the =	عرض التدوين
reinforcement	تقوية
Relationalists	مدرسة العلائقيين [في الصوتولوجيا]
resonance	رنين
= band	نطاق رنيني
= bar	قضيب رنيني
= breadth	عرض النطاق الرنيني
= curve	منحنى الرنين
resonant	رنان
= phoneme	صوتيم رنان
non = phoneme	صوتيم غير رنان
resonator	جسم مرنان
revirbration	ترجيع
echo	انظر

S

segmentation	تجزيء
sharpening	ترفيع
sound =	ترفيع الصوت
sliding legato	صوت انزلاقي متصل
sone	سون
	[وحدة ذاتية لقياس العلو]
sonator	جسم رنان (مصدر رنين)
soprano	سوبرانو/ النديّ
	(أعلى طبقة صوتية للنساء والأولاد)
spectrogram	رسم طيفي
broad band =	رسم طيفي بالنطاق الواسع
narrow band =	رسم طيفي بالنطاق الضيق
spectrograph	مطياف
spectrophone	صوت كلامي طيفي
spectrophoneme	صوتيم طيفي
spectrophonemic	صوتيمي طيفي
spectrophonemics	صوتيميات طيفية
spectrophonetic	صوتي طيفي
spectrophonetics	صوتيات طيفية
spectrum	تكوين طيفي
line =	تكوين طيفي عمودي
= curve	منحنى طيفي
speech	كلام
= strecher	ممطال الكلام

staccato	صوت متقطع
stirrup	ركاب
stop	وقفي (صوت)
انظر plosive; explosive	
stopping	إيقاف
structure	بنية
underlying =	بنية مستترة
sustained sound	صوت مستطيل
synchronic	آني
syncopate	حذف وسطي
synthetic	صناعي/ مخلّق
= speech	كلام صناعي/ مخلّق

T

theme	فكرة رئيسة (لحنية)
thorax	صدر
tolerance	سماح/ تجاوز
limits of =	حدود السماح/ التجاوز
tone	نغمة
complex =	نغمة مركبة
fundamental =	نغمة أساس
glottal =	نغمة حنجرية
= language	لغة نغمية
over =	نغمة عليا
sandhi =	نغمة مفصلية
simple =	نغمة بسيطة
trill	ترددي (صوت)

U

uvular	لهوي

V

variant	تَنوّع/ ضَرْب
positional =	تنوع موقعي
allophone	انظر
velar	طبقي
vocal cord	وتر صوتي
vocal lip	شفة صوتية
vibration	اهتزاز
forced =	اهتزاز قسري
sympathetic =	اهتزاز تجاوبي
vowel	صائت
back =	صائت خلفي
center =	صائت وسطي (مركزي)
closed =	صائت ضيق
compact =	صائت متضام
diffuse =	صائت منتشر
front =	صائت أمامي
high =	صائت علوي
lax =	صائت رخو
low =	صائت سفلي
mellow =	صائت لين
open =	صائت واسع

semi =	نِصف صائت
strident =	صائت جاس
voiceless =	صائت مهموس
tense =	صائت متوتر

W

watt	واط (وحدة موضوعية لقياس القوة)
wave	موجة
comlex =	موجة مركبة
= length	طول الموجة
longtitudinal =	موجة طولية
non - periodic =	موجة غير دورية
non - repetitive =	موجة غير مكررة
non - symmetric =	موجة غير منتظمة
periodic =	موجة دورية
simple =	موجة بسيطة
squar =	موجة مربعة
symmetric =	موجة منتظمة
sound =	موجة صوتية
transversal =	موجة مستعرضة
whisper	وشوشة
stage =	وشوشة مسرحية
whispered	موشوش
= speech	كلام موشوش
wide band	حزام رنيني واسع

عرض	width
عرض عملي للمرشح	practical =
عرض نظري	theoritical =

Y

المبالغة في تنويع طبقة الصوت من العادي إلى العالي	yodeling

محتوى الكتاب